

5142/TS/H/93. ✓

# **TUGAS AKHIR**

OPTIMASI ADSORPSI KARBON AKTIF  
TERHADAP AIR LIMBAH BERKADAR TOC  
(TOTAL ORGANIC CARBON)



Oleh :

C. Retnosutarjati

3843300030

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

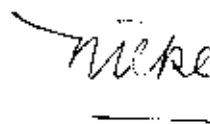
**1992**

# **TUGAS AKHIR**

## **OPTIMASI ADSORPSI KARBON AKTIF TERHADAP AIR LIMBAH BERKADAR TOC (TOTAL ORGANIC CARBON)**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Supervisor**



**Ir. NIEKE KARNANINGROEM**

**Nip : 131 459 283**

**Co-Supervisor**



**Ir. AGUS SLAMET**

**Nip : 131 651 592**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992**

## ABSTRAK

Dalam pengolahan air limbah, adsorpsi merupakan salah satu cara untuk menurunkan kandungan materi organik. Kemampuan proses adsorpsi dipengaruhi oleh berbagai variabel, diantaranya konsentrasi bahan yang diserap dan pH phase cair.

Studi penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi optimal dari karbon aktif sebagai bahan penyerap, terhadap materi organik yang terdapat pada suatu air buangan, dengan memperhatikan variabel yang ditentukan.

Sampel yang dipergunakan adalah air limbah industri alkohol dari P.D Aneka Kimia Propinsi Dati I Jatim, Unit Pabrik Alkohol/Spiritus, Wates-Mojokerto.

Pengukuran besarnya kandungan materi organik dalam sampel. dinyatakan sebagai satuan parameter TOC (Total Organic Carbon).

Studi laboratorium dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap penurunan TOC dalam air limbah.

Studi laboratorium ini dilakukan secara :

1. Batch process : untuk menentukan pH dan waktu kontak proses yang menghasilkan kondisi proses optimal.
2. Continuous process : untuk menerapkan kondisi proses optimal yang didapatkan pada batch process.

Hasil studi adalah :

1. Batch process : kondisi proses optimal terjadi pada pH = 6, [TOC] awal = 4,935 gr/l, waktu kontak 2 jam removal 80,5 %, [TOC] kesetimbangan 0,9574 gr/l dan kapasitas adsorpsi = 0,1939 gr TOC/gr karbon aktif.
2. Continuous process : menghasilkan ;
  - a. break point dengan  $C_e/C_o = 26,261 \%$ , [TOC] effluent = 1,296 gr/l dan volume breakthrough = 8,1 liter.
  - b. exhaustion point dengan  $C_e/C_o = 63,141 \%$ , [TOC] effluent adalah = 3,116 gr/l dan volume exhaustion = 19,98 liter. Kapasitas adsorpsi pada continuous process = 0,2159 gr TOC/ gr karbon aktif.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah Yang Maha Pengasih, sebab dengan rahmat dan bimbinganNya kami telah dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini merupakan kegiatan kurikuler yang dilaksanakan sebagai syarat guna memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, kami mengucapkan terima kasih kepada :

- Ir Nieke Karnaningroem , selaku dosen pembimbing atas segala sumbangan ide dan bimbingannya.
- Ir Agus Slamet , selaku co - supervisor, atas sumbangan pemikirannya.
- Dr.Ir. Wahyono Hadi, MSc , selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP - ITS.
- Ir. Sarwoko.M, MSc.Es, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan FTSP - ITS.
- Ir. J.B. Widiadi , M.Eng.Sc , selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP - ITS.
- Segenap dosen di Program Studi Teknik Lingkungan FTSP - ITS.

- Seluruh laboran di Laboratorium Teknik lingkungan, atas segala bantuannya selama melakukan kegiatan tugas akhir di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP - ITS.
- Rekan - rekan Teknik Lingkungan atas segala partisipasinya.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini

Harapan kami semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknik lingkungan , serta dapat menjadi sumbangan pemikiran bagipenanganan terhadap permasalahan pencemaran lingkungan.

Tentu saja penyusunan ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu kami sangat mengharapkan kritik, saran maupun tanggapan yang bersifat konstruktif.

Surabaya, Pebruari 1992.

C.Retnosutarjati  
Nrp 3843300030

## DAFTAR ISI

	hal
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Ide Studi	I - 2
1.3 Tujuan Studi	I - 4
1.4 Ruang Lingkup	I - 5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karbon Aktif	II - 1
2.2 Total Organic Carbon (TOC)	II - 3
2.3 Adsorpsi	II - 5
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Umum	III - 1
3.2 Kerangka Penelitian	III - 2
3.3 Metoda Penelitian	III - 6
3.4 Pelaksanaan Penelitian	III - 7
3.5 Metoda Pengolahan Data	III - 22

#### BAB IV. HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

4.1 Percobaan Batch Process IV - 1

4.2 Percobaan Continuous Process IV - 2

#### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan V - 1

5.2 Saran V - 2

Daftar Pustaka

Lampiran

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kondisi Sampel Saat Proses mendekati kestabilan	IV - 11
Tabel 4.2 Data Analisa Regresi	IV - 16
Tabel 4.3 Nilai Konstanta Regresi Linier dan koefisien korelasi	IV - 18
Tabel 4.4 Data hasil perhitungan untuk penentuan Konstanta Experimen Adsorpsi Isothermis Freundlich	IV - 20
Tabel 4.5 Data Hasil Percobaan Continuous Process	IV - 24



## DAFTAR GAMBAR

	hal
Gambar 2.1 Kurva Model Adsorpsi Isothermis	II - 15
Gambar 2.2 Model linier Adsorpsi Isothermis	II - 16
Gambar 3.1 Diagram Kerangka Penelitian	III - 3
Gambar 3.2 Percobaan Batch Process	III - 16
Gambar 3.3 Percobaan Continuous Process	III - 19
Gambar 4.1 Grafik Penurunan [TOC] vs Waktu , [TOC] awal = 7,896 gr/l	IV - 3
Gambar 4.2 Grafik Penurunan [TOC] vs Waktu , [TOC] awal = 4,935 gr/l	IV - 4
Gambar 4.3 Grafik Penurunan [TOC] vs Waktu , [TOC] awal = 3,948 gr/l	IV - 5
Gambar 4.4 Grafik Penurunan [TOC] vs Waktu , [TOC] awal = 2,468 gr/l	IV - 6
Gambar 4.5 Grafik Penurunan [TOC] vs Waktu , [TOC] awal = 1,974 gr/l	IV - 7
Gambar 4.6 Grafik Penurunan [TOC] vs Waktu , [TOC] awal = 1,234 gr/l	IV - 8
Gambar 4.7 Grafik Ce/Co vs Waktu, pH 8	IV - 11
Gambar 4.8 Grafik Ce/Co vs Waktu, pH 6	IV - 12
Gambar 4.9 Grafik Ce/Co vs Waktu, pH 4	IV - 13

Gambar 4.10 Grafik $C_e/C_o$ vs Waktu, pH 3	IV - 14
Gambar 4.11 Grafik $C_e/C_o$ vs Waktu, pH 2	IV - 15
Gambar 4.12 Grafik Analisa Regresi Linier $C_e/C_o$ terhadap Waktu	IV - 22
Gambar 4.13 Grafik Model Persamaan Freundlich	IV - 26
Gambar 4.14 Grafik $C_e/C_o$ vs Waktu Kumulatif	IV - 30

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan meningkatnya upaya untuk meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup manusia, maka semakin beragam pula permasalahan permasalahan yang timbul, yang berkaitan dengan lingkungan hidup.

Di Indonesia saat ini, salah satu permasalahan lingkungan yang tengah mendapat perhatian adalah masalah pencemaran, khususnya mengenai pencemaran air.

Salah satu sebab dari keadaan ini, karena cara cara pengolahan air buangan yang telah ada belum familier digunakan, baik untuk air buangan domestik maupun air buangan industri, sebelum dibuang ke badan air.

Keberadaan materi organik dalam jumlah tertentu di dalam badan air, dapat menimbulkan pencemaran.

Materi organik ini banyak terkandung dalam air buangan domestik ataupun industri.

Air yang memiliki kandungan materi organik yang cukup tinggi akan menyebabkan air tersebut berbau dan berasa tidak enak, salah satu sebabnya karena air tersebut dalam keadaan septik, karena oksigen yang terlarut dalam air tersebut habis untuk menguraikan materi organik yang ada.

Beberapa materi organik yang terlarut dalam air, juga dapat menimbulkan warna.

Dari sebab itu air yang mempunyai kandungan materi organik yang cukup tinggi perlu dilakukan pengolahan terlebih dulu, untuk menghilangkan atau untuk mengurangi kadar materi organik tersebut dalam air.

Adsorpsi adalah salah satu cara untuk melakukan pengolahan air yang mengandung materi organik tersebut. Umumnya untuk air buangan, pengolahan dengan cara adsorpsi menggunakan karbon aktif sebagai bahan penyerapnya (adsorbent), walaupun dapat juga menggunakan bahan penyerap lain, seperti tanah liat (clay) yang diaktifkan, dan sebagainya.

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan dasar, diantaranya tempurung kelapa, serbuk gergaji, kayu, bituminous coal dan sebagainya.

Karena bahan dasar yang berbeda ini, maka karakteristik karbon aktif yang dihasilkan menjadi berbeda pula, baik luas permukaannya maupun sifat dari permukaan karbon aktif itu sendiri.

## I.2 IDE STUDI

Dari percobaan penelitian rekan mahasiswa yang telah lalu, dicoba untuk meneliti efisiensi karbon aktif terhadap penurunan *Total Organic Carbon* (TOC) dari

air buangan pabrik alkohol / spiritus. Bahan penyerap (adsorbent) yang digunakan adalah karbon aktif, arang kayu dan arang dari tempurung kelapa.

Percobaan dilakukan dengan kondisi sebagai berikut :

- pH sampel berkisar antara  $6 \pm 0.5$ .
- Suhu operasi berkisar antara  $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$  C.
- Konsentrasi TOC awal sebesar  $5.0 \pm 0.3$  gr/l

Dari percobaan tersebut disimpulkan bahwa karbon aktif mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibanding kedua bahan penyerap yang lain (dengan sistem batch proses diperoleh efisiensi sekitar 76.85 %), ( Rachmat Boedi Santoso.1991).

Dalam proses adsorpsi, kemampuan adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa variabel, seperti pH, temperatur, waktu kontak, karakteristik fisika dan kimia dari bahan penyerap maupun yang diserap.

Dalam penelitian kali ini dicoba untuk mendapatkan nilai TOC yang optimal dari effluent, dengan menggunakan satu bahan penyerap yaitu karbon aktif serta memperhatikan pengaruh dari variabel yang ditetapkan untuk diteliti.

### I.3 TUJUAN STUDI

Tujuan dari studi ini dibagi menjadi dua yaitu tujuan makro dan tujuan mikro.

Tujuan makro dari studi ini adalah :

- untuk menentukan kondisi optimal dari proses pengolahan air buangan dengan cara adsorpsi yang menggunakan karbon aktif sebagai adsorbent dengan memperhatikan beberapa variabel terpilih yang mempengaruhinya.

Sedang tujuan mikronya adalah :

- mendapatkan data penelitian laboratorium yang dapat dipergunakan sebagai dasar perencanaan pengolahan air buangan dengan cara adsorpsi dengan karbon aktif.

### 1.4 RUANG LINGKUP

Parameter yang akan diteliti adalah *Total Organik Carbon (TOC)*, sebagai salah satu parameter untuk mengetahui kandungan materi organik pada suatu sampel air. Bahan yang dipakai sebagai penyerap (adsorbent) dipilih karbon aktif dengan bahan dasar tempurung kelapa. Karena berdasarkan beberapa literatur, dikatakan bahwa luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan dari bahan dasar tempurung kelapa lebih besar dari luas permukaan karbon aktif dari bahan dasar selain tempurung kelapa.

Penelitian dilaksanakan dengan *Batch Process Adsorption* dan *Fixed-bed Adsorption Column* (Continuous flow dengan aliran ke bawah / down flow).

Dengan variabel yang diteliti adalah ;

- pH sampel
- konsentrasi TOC

Untuk mendapatkan lama waktu kontak (detention time) proses yang optimal.

Percobaan dilaksanakan dengan kondisi isothermis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 KARBON AKTIF

##### 2.1.1 UMUM

Karbon aktif sebagai salah satu bahan penyerap sering dimanfaatkan untuk proses penghilangan rasa, bau maupun warna yang disebabkan oleh adanya materi organik dalam air minum ataupun air buangan.

Secara luas karbon aktif digunakan pula dalam proses pemisahan gas-gas hidrokarbon, dan aplikasi adsorpsi pada berbagai proses industri, seperti; penyerapan warna dan bahan pengotor pada pabrik gula, pemisahan logam-logam berat dalam larutan, diantaranya Cadmium, Mercury, Vanadium dan sebagainya (*Montgomery, 1985*).

Istilah Karbon Aktif diberikan untuk suatu karbon amorf (material/bahan berstruktur karbon yang telah melalui proses karbonisasi) yang telah mendapatkan proses aktivasi untuk memperbesar daya serap karbon tersebut.

Proses aktivasi ini dimaksud untuk memperluas permukaan karbon amorf dan membentuk struktur karbon agar menjadi lebih porous, sehingga karbon mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyerap zat-zat terlarut dalam liquids maupun gas.



Secara berturut-turut materi karbon diaktifkan dengan proses sebagai berikut ;

1. Dehidrasi, yaitu untuk menghilangkan seluruh kadar air yang terdapat dalam materi karbon.
2. Karbonisasi, adalah proses untuk mengubah materi organik menjadi elemen karbon.
3. Aktifasi, merupakan proses untuk membakar tar dan untuk memperbesar struktur pori materi karbon, dengan pemanasan dan pemberian bahan pengaktif.

Dalam pemakaiannya karbon aktif tersedia dalam bentuk powder dan granular. Secara ekonomis karbon aktif dalam bentuk powder lebih murah dari karbon aktif yang berbentuk granular, dan mungkin mempunyai kapasitas adsorpsi yang agak lebih tinggi dari bentuk granular.

Namun demikian, untuk aplikasi proses adsorpsi air buangan perlu diperhatikan beberapa kendala sebagai berikut :

1. Sulit diregenerasi.
2. Lebih sulit penanganannya, karena karakteristik pengendapannya tidak bagus.
3. Dapat menyebabkan terjadinya proses koagulasi antara suspended solid dan karbon aktif powder (karena karbon aktif dapat bertindak sebagai koagulan yang baik).
4. Diperlukan jumlah karbon aktif yang lebih banyak (dalam lb/1000 gal basis) dibandingkan bentuk granular.

### 2.1.2 SIFAT PERMUKAAN KARBON AKTIF

Proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh sifat permukaan dari karbon aktif sebagai adsorbent serta bahan yang diserap (adsorbate).

Permukaan adsorbent cenderung mempunyai sifat yang mudah mengikat materi / zat yang mempunyai ikatan sejenis, misal permukaan adsorbent yang bersifat polar akan mudah mengikat zat yang bersifat polar juga.

Sifat kepolaran permukaan karbon aktif dipengaruhi juga oleh bahan dasar yang digunakan. Sebagai contoh karbon aktif yang memakai bahan dasar tumbuhan akan mempunyai sifat permukaan yang cenderung polar (*Cheremisinoff, 1980*).

Namun kenyataannya beberapa ikatan kompleks Karbon - Oksigen dapat jugamenyebabkan permukaan karbon menjadi sedikit polar.

Meskipun sifat kimia dari permukaan mempunyai mempunyai arti penting bagi terjadinya proses adsorpsi, namun karakteristik surface area dan struktur pori dari adsorbent lebih berperan bagi proses adsorpsi.

### 2.2 TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Komposisi karbon organik dalam air dan air buangan berada dalam bentuk yang berbeda-beda. Beberapa dari komponen karbon organik tersebut dsapat dioksidasi dengan proses biologis atau kimia, dan BOD serta COD digunakan untuk menentukan fraksi tersebut.

Karena keberadaan karbon organik tidak semuanya dapat dioksidasi dengan cara tersebut di atas, maka pengukuran BOD ataupun COD tidak dapat mengukur total karbon organik secara memuaskan.

Analisa TOC dapat lebih tepat dan langsung mengekspresikan kandungan total karbon organik, namun tidak identik dengan informasi yang diberikan dalam analisa BOD atau COD.

Jika terdapat hubungan konstanta empiris cukup memadai antar TOC, BOD, dan COD, maka parameter TOC dapat juga digunakan untuk mengestimasi nilai BOD atau COD. Namun hubungan tersebut harus ditentukan untuk setiap perbedaan kondisi.

Tidak seperti halnya BOD ataupun COD, parameter TOC tidak menyatakan hubungan oksidasi materi organik dan tidak mengukur ikatan organik yang lain, seperti nitrogen dan hidrogen yang mempunyai kontribusi dalam penggunaan oksigen, dan hal tersebut dapat terukur dalam analisa BOD atau COD.

Analisa TOC mengukur karbon organik total yang terlarut dalam air dan air buangan. Karbon organik dapat dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  dengan pemanasan dan oksigen, radiasi ultra violet, bahan kimia oksidan atau variasi dari hal tersebut di atas.

$\text{CO}_2$  dapat diukur secara langsung dengan *nondispersive infrared analyzer*, atau dapat juga direduksi menjadi methane dan kemudian diukur dengan *flame ionization detector*.

Analisa TOC dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan cara gravimetri.

Prinsip analisa TOC dengan metoda gravimetri tersebut adalah ; sampel yang mengandung karbon organik diuapkan, dan materi organik yang ada dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Sedang  $\text{H}_2\text{O}$  yang terbentuk diuapkan pada suhu  $105^\circ\text{C}$  dan karbon organik yang terdapat dalam sampel dibakar dengan suhu  $550^\circ\text{C}$ .

Kandungan karbon anorganik yang terdapat dalam sampel dapat dieliminasi dengan menambahkan asam agar pH tidak lebih dari 2 dan kemudian diuapkan sebelum karbon organik ditentukan.

## 2.3 ADSORPSI

### 2.3.1 UMUM

Adsorpsi diartikan sebagai peristiwa fisika dan atau kimia pada permukaan suatu bahan, yang tergantung dari spesifikasi antara adsorbent dan adsorbate.

Weber (1972) mengartikan adsorpsi sebagai akumulasi interphase atau konsentrasi substansi pada permukaan (interphase) suatu bahan.

Akumulasi dapat berlangsung pada phase liquid-liquid, gas-liquid, solid-liquid, dan gas solid.

Dalam sistem pengolahan air buangan, adsorpsi umumnya dilakukan setelah pengolahan sekunder. Proses tersebut berlangsung dalam *packed bed* atau *fluidized bed reactor* yang berisi adsorbent.

Untuk perancangan suatu unit operasi adsorpsi, akan dapat dicapai suatu hasil yang lebih baik apabila perancangan tersebut dilakukan modeling yang didasarkan pada hasil percobaan suatu pilot plant.

Adsorpsi pada permukaan karbon dapat berlangsung secara :

- Fisika ( adsorpsi Van der Waals )
- Kimia ( chemisorption )

Adsorpsi fisika terjadi pada zat-zat yang mempunyai suhu relatif rendah. Adsorbate diikat pada permukaan adsorbent dengan gaya ikatan yang relatif lemah. Gaya ikat tersebut besarnya sama dengan gaya yang terjadi pada peristiwa kondensasi dari phase gas ke phase cair.

Gaya yang terjadi dalam proses ini merupakan gaya elektrostatik yang mengikuti hukum Coulomb (karena adanya gaya kohesi intermolekul).

Keseimbangan antara permukaan solid dan molekul-molekul liquid biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel, karena kebutuhan energi yang sangat kecil.

Sedang adsorpsi kimia bersifat spesifik. Dalam proses ini terjadi pertukaran elektron antara adsorbate dengan permukaan adsorbent, sehingga terjadi ikatan kimia antara adsorbent dengan zat yang diserap (adsorbate). Gaya (force) yang diperlukan untuk proses ini lebih besar dibanding adsorpsi fisika.

Adsorpsi kimia ini dapat terjadi pada suhu tinggi.

Dengan adanya ikatan kimia antara zat yang menyerap dan zat yang diserap, maka permukaan adsorbent dapat terbentuk suatu lapisan zat adsorbate.

Pada suatu kondisi tertentu adsorbent tersebut tidak dapat melakukan penyerapan lagi karena permukaannya telah jenuh dengan adsorbate.

Perbedaan mendasar antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia adalah pada gaya yang diperlukan untuk ikatan adsorpsi.

Dalam chemisorption, adsorbate diikat pada permukaan karbon dengan gaya yang berasal dari pertukaran valensi elektron, yang kemudian membentuk ikatan kimia. Sedang dalam adsorpsi fisika, gaya yang diperlukan identik dengan gaya kohesi yang terjadi intermolekuler (gaya Van der Waals).

Secara global, mekanisme penyerapan oleh karbon aktif berlangsung dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Zat teradsorpsi berpindah dari larutannya menuju permukaan terluar adsorbent.

- b. Zat teradsorpsi diserap oleh permukaan karbon aktif.
- c. Kemudian zat teradsorpsi diserap oleh permukaan porous dari karbon aktif.

### 2.3.2 KEMAMPUAN ADSORPSI

Beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi adalah :

- 1. Karakteristik fisika dan kimia dari adsorbent; luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, dsb.
- 2. Karakteristik fisika dan kimia dari adsorbate; ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia, dsb.
- 3. Konsentrasi bahan yang akan diserap (adsorbate) pada phase liquid.
- 4. Karakteristik phase liquid ; pH, temperatur.
- 5. Waktu kontak.

#### 2.3.2.1 Karakteristik fisik dan kimia adsorbent

Dalam aplikasi phase liquid, transfer adsorbate dari bentuk larutan ke dalam partikel karbon, melalui proses sebagai berikut :

- 1. Transfer adsorbate dari bentuk larutan ke permukaan partikel karbon.
- 2. Migrasi adsorbate dari permukaan karbon ke *adsorption site* dalam partikel karbon.

Proses tersebut akan berlangsung baik, apabila ukuran pori adsorbent lebih besar dari ukuran molekul adsorbate. Sedang jumlah molekul adsorbate yang dapat di serap, sesuai dengan besarnya luas permukaan adsorbent yang tersedia.

Komposisi kimia dari adsorbent mempengaruhi besarnya gaya affinitas yang terjadi antara adsorbent dan adsorbate.

#### 2.3.2.2 Karakteristik fisik dan kimia adsorbate

Menurut teori molecular screening, molekul atau ion yang dapat masuk ke dalam pori adsorbent adalah ion atau molekul yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran pori adsorbent. Di dalam partikel adsorbent terdapat ukuran pori yang tidak seragam, sehingga terjadi distribusi ukuran pori.

Dengan adanya distribusi ukuran pori tersebut, ukuran ion atau molekul yang tidak seragam akan teradsorpsi sesuai ukuran pori tersebut.

#### 2.3.2.3 Konsentrasi adsorbate pada phase liquid

Dengan jumlah adsorbent yang tetap, proses adsorpsi terhadap suatu adsorbate akan berlangsung lebih baik apabila konsentrasi adsorbate pada phase liquid rendah.



#### 2.3.2.4 pH Liquid

Kapasitas adsorpsi merupakan fungsi dari pH liquid. Pada pH rendah, materi organik yang bersifat cenderung asam akan lebih banyak diserap dibanding materi organik yang bersifat cenderung basa.

Pada pH tinggi proses terjadi sebaliknya.

#### 2.3.2.5 Temperatur liquid

Adsorpsi merupakan fungsi dari *diffusion rate*, dan *diffusion rate* dipengaruhi oleh viskositas liquid.

Kondisi percobaan yang temperaturnya berubah-ubah, akan menyebabkan viskositas liquid berubah-ubah pula, sehingga data proses adsorpsi yang diperoleh dengan kondisi ini akan mempunyai variasi penyimpangan yang cukup berarti.

Oleh sebab itu percobaan dilakukan secara isothermis untuk memperkecil variasi penyimpangan data.

#### 2.3.2.6 Waktu kontak

Waktu kontak yang cukup, diperlukan untuk mencapai kesetimbangan penyerapan (*adsorption equilibrium*) diperlukan untuk kepentingan design.

### 2.3.3 MODEL ADSORPSI ISOTHERMIS

Adsorpsi isothermis merupakan kesetimbangan spesifik dari konsentrasi adsorbate pada permukaan adsorbent, yang merupakan fungsi bulk konsentrasi adsorbate pada larutan.

Didiskripsikan isothermis, sebab kesetimbangan antara adsorbate, adsorbent dan solute terjadi dalam temperatur yang sama/konstan.

Beberapa persamaan adsorpsi isothermis yang diketahui :

- Persamaan Langmuir.
- Persamaan Freundlich.
- Persamaan Brunauer, Emmet, Teller (BET)

#### 2.3.3.1 Persamaan Langmuir

Persamaan Langmuir pertama kali dikembangkan untuk proses adsorpsi phase solid-gas.

Untuk phase solid-liquid, persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = X = \frac{a \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana ; m = massa adsorbent.

x = massa solute yang diadsorb.

X = rasio massa phase solid.

= massa solute yang diadsorb / massa adsorbent.

$a$  = massa solute yang diperlukan untuk mencapai kejenuhan unit massa adsorbent.

$K$  = konstanta eksperiment.

Persamaan Langmuir tersebut diturunkan dengan dasar asumsi sebagai berikut :

1. Keseimbangan adsorpsi yang terjadi antara permukaan adsorbent dan larutan bersifat reversibel.
2. Adsorpsi terjadi pada bagian terbatas, dan tidak terjadi interaksi antara molekul adsorbate.
3. Materi solute yang diadsorp oleh permukaan adsorbent hanya satu jenis molekul.
4. Persamaan berlaku untuk proses adsorpsi dengan konsentrasi solute yang relatif kecil.

(Reynolds, 1982).

#### 2.3.3.2 Model Freunlich

Model Freunlich berlaku untuk penyerapan terhadap satu komponen saja. Apabila penyerapan terjadi dengan multi komponen digunakan Simplified Competitif Equilibrium Adsorption Model (SCAM), yang merupakan pengembangan dari model Freunlich.

Persamaan yang dipakai dalam model Freunlich sebagai berikut :

$$q_c = K.C_e^{1/n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{atau} \quad \log q_c = \log K + (1/n) . C_e \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :  $q_c$  = Jumlah adsorbate yang diserap oleh adsorbent

$$= x/m$$

$K$  &  $n$  = Konstanta

$C_e$  = Konsentrasi akhir saat tercapai kesetimbangan reaksi

### 2.3.3.3 Model Brunauer, Emmet, Teller (BET)

Model BET ini didasarkan pada asumsi :

1. Energi adsorpsi adalah beragam pada tiap permukaan.
2. Sejumlah layer terbentuk pada permukaan adsorbate dan persamaan Langmuir berlaku pada tiap-tiap layer.

Persamaan ditulis sebagai :

$$q_c = \frac{B.C.Q_o}{(C_s - C) + (B - 1).(C/C_s)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :  $q_c$  = jumlah mol solute teradsorp persatuan berat pada konsentrasi  $C$

$C_s$  = konsentrasi jenuh solute

$C$  = konsentrasi kesetimbangan

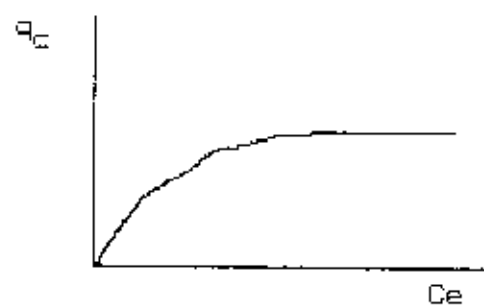
$B$  = konstanta

$Q_0$  = Jumlah mol solute yang teradsorp persatuan berat adsorbent dalam pembentukan mono layer lengkap pada permukaan.

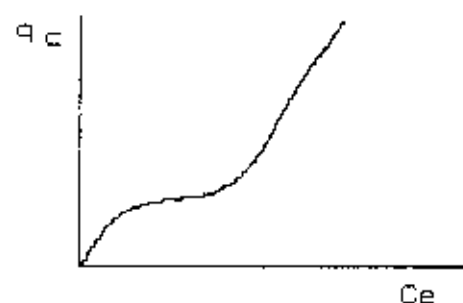
#### 2.3.3.4 Bentuk linier dari model adsorpsi

Dari perumusan model yang telah dikemukakan di atas, dapat digambarkan dalam bentuk kurva antara konsentrasi awal solid dengan jumlah zat adsorbate yang dapat diadsorp persatuan berat adsorbent, atau  $C_e$  vs  $q_e$  dimana  $q_e = x/m$ , seperti yang seperti yang ditampilkan pada gambar 2.1

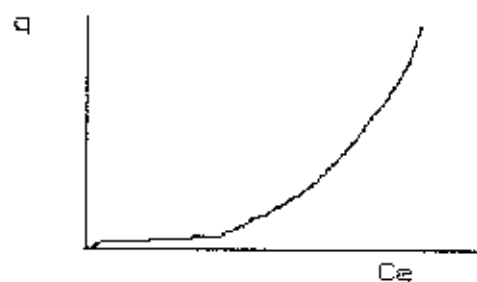
Sedang linierisasi dari kurva tersebut ditampilkan pada gambar 2.2. Dari bentuk linier tersebut dapat ditentukan konstanta kecepatan penyerapan, yang merupakan slope dari garis lurus yang terbentuk.



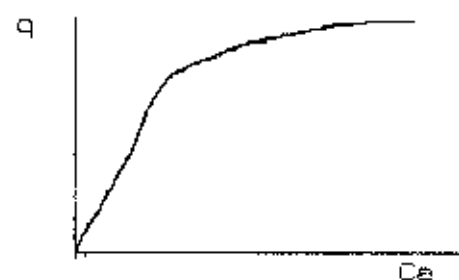
(a). Langmuir



(b). BET

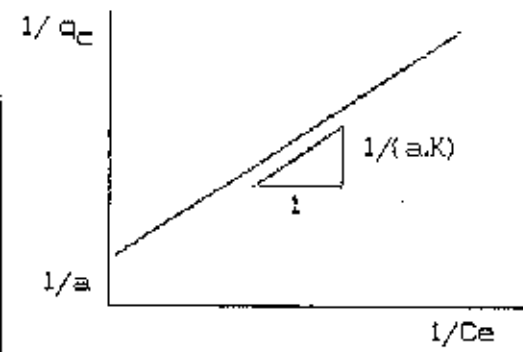


(d). Freundlich  $1/n < 1$

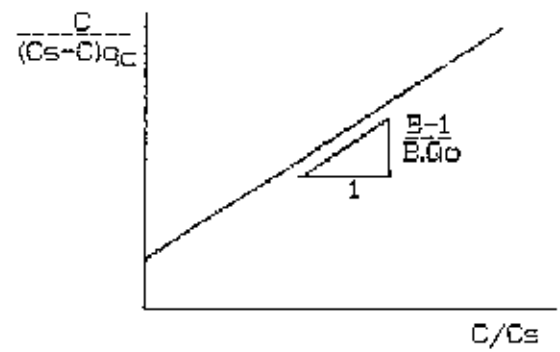


(c). Freundlich  $1/n > 1$

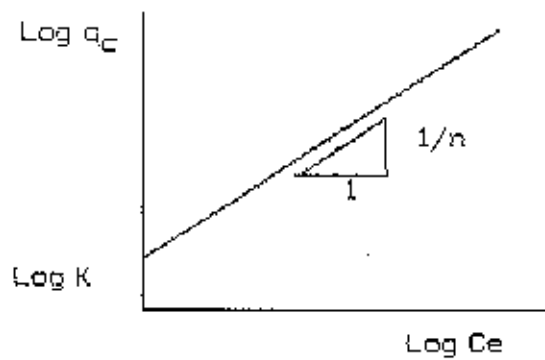
Gambar 2.1 Kurva model adsorpsi isothermis



(a). Langmuir



(b). BET



(c). Freundlich

Gambar 2.2 Model linear adsorpsi isothermis

## 2.3.4 OPERASI SISTEM ADSORPSI

### 2.3.4.1 Batch Process

Dalam operasi sistem batch process, air yang mempunyai kadar TOC dicampur dengan karbon aktif dalam suatu bejana. Kemudian diberikan waktu kontak yang cukup hingga konsentrasi TOC mengalami penurunan sampai mencapai konsentrasi tertentu, yang tidak akan mengalami perubahan lagi. Konsentrasi ini disebut sebagai konsentrasi keseimbangan.

Pada saat keseimbangan telah dicapai, karbon aktif sebagai adsorbent tidak dapat melakukan adsorpsi lagi.

Untuk mengaktifkan adsorbent kembali, perlu dilakukan regenerasi.

Percobaan laboratorium, dengan sistem batch proses dilakukan untuk mendapatkan lama waktu kontak yang diperlukan oleh sistem untuk mencapai keseimbangan.

### 2.3.4.2 Continuous Process

Continuous flow adalah suatu bentuk pengaliran. Suatu model laboratorium yang dioperasikan dengan sistem continuous flow digunakan sebagai dasar untuk desain suatu unit operasi.

Model adsorpsi yang dioperasikan dengan sistem ini, larutan yang mengandung adsorbate dialirkan secara terus menerus untuk berkontak dengan adsorben dalam waktu kontak tertentu.



Ditinjau dari arah alirannya, sistem ini dapat dioperasikan secara :

1. *Fixed bed flow* : Yaitu influent dialirkan secara gravitasi melalui bed yang berisi adsorbent. Penyusunan reaktor dapat dibuat tunggal ataupun seri.
2. *Counter-current moving bed* : Influent dialirkan secara up-flow dari dasar kolom, sedang adsorbent dialirkan secara kontinyu dari atas kolom.
3. *Fluidized / expanded bed* : Influent dialirkan secara up-flow melewati bed yang berisi adsorbent dengan kecepatan tertentu, sehingga media adsorbent tereksansi.

#### 2.3.5 BREAKTHROUGH CURVE

Dari percobaan laboratorium yang dioperasikan dengan continuous-process akan dihasilkan grafik yang disebut sebagai *breakthrough-curve*, yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi solute dalam effluent setelah melewati kolom dengan volume effluent/waktu kumulatif.

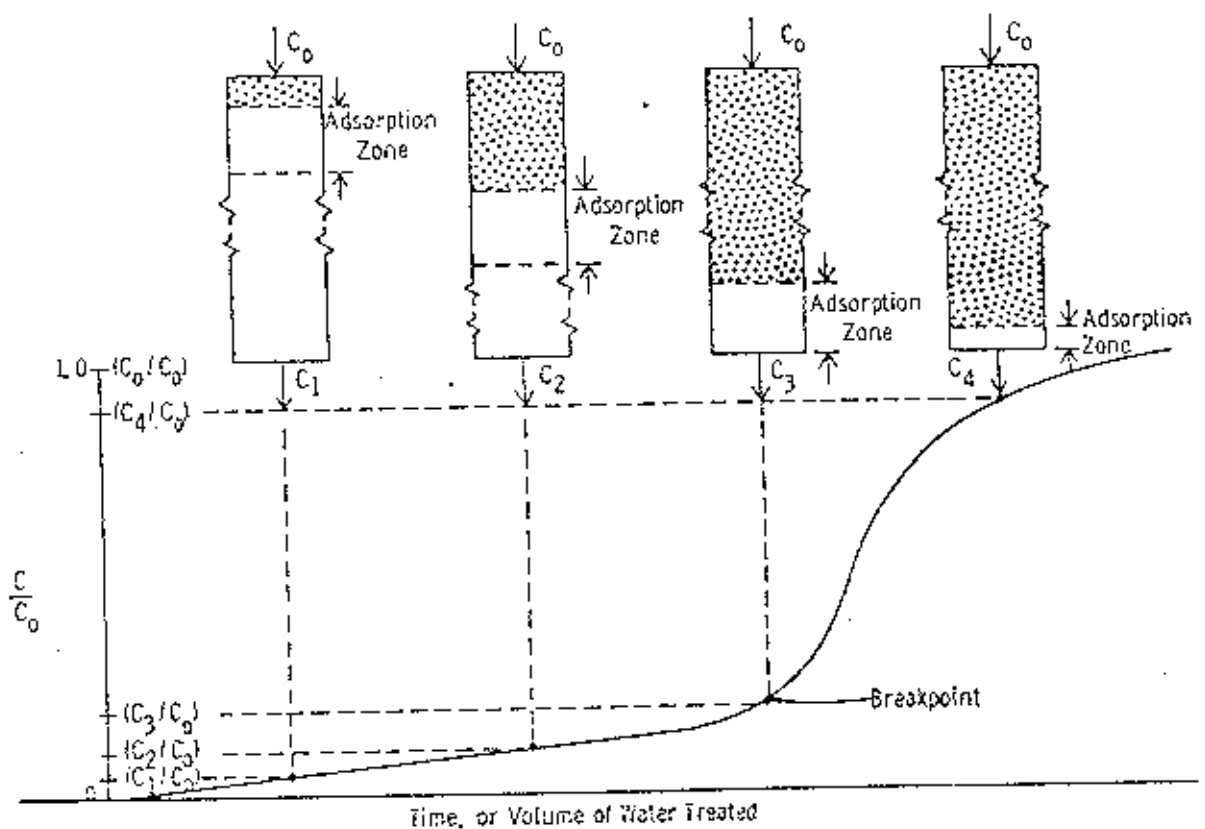
Gambar 2.3 menunjukkan pengoperasian Fixed - Bed Adsorption Column dengan karbon aktif sebagai adsorbent. Titik pada kurva yang menunjukkan kondisi keseimbangan phase solid - liquid disebut breakpoint. Setelah breakpoint tercapai kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap konsentrasi solute mengalami penurunan dengan cepat, oleh sebab itu terjadi kenaikan rasio  $C_e/C_0$  secara cepat pula.

Titik yang menunjukkan adsorbent mendekati kondisi jenuh disebut exhaustion point. Pada titik tersebut rasio  $C_e/C_0$  mendekati 1.

Breakthrough curve umumnya berbentuk kurva S.

Untuk menentukan tinggi zona penyerapan (zorption zone) Michael membuat persamaan (Reynolds, 1982) sebagai berikut :

$$Z_s = Z \left[ \frac{V_z}{V_t - 0,5V_z} \right] \dots\dots\dots (2.5).$$



Gambar 2.3 : Breakthrough curve dan Zorption Zone.

### 2.3.6 PENDEKATAN DESAIN KOLOM ADSORPSI

#### 2.3.6.1. Pendekatan Scale-Up

Dikembangkan oleh Fornwalt dan Hutchin (1966) untuk perancangan Kolom Adsorpsi Karbon.

Secara prinsip, data penelitian diperlukan untuk mendapatkan kurva breakthrough dengan melakukan test kolom. Percobaan laboratorium dengan menggunakan skala pilot (sebagai model), dioperasikan dengan debit liquid yang sama dengan volume bed/satuan waktu ( $Q_b$ ).

Sedang waktu kontak ( $T_c$ ) adalah  $\epsilon/Q_b$ , dimana  $\epsilon$  adalah fraksi pori. Kolom yang akan dirancang harus mempunyai waktu kontak yang sama dengan kolom test.

Apabila waktu kontak sama, diasumsikan bahwa volume liquid yang terolah per unit massa adsorbent ( $V_b$ ), waktu terjadinya breakthrough pada test kolom adalah sama dengan waktu breakthrough dari kolom yang akan dirancang.

Sebelum test breakthrough dilakukan, perlu terlebih dulu dilakukan penentuan debit aliran ( $Q_b$ ) (dalam volume bed/unit waktu).

Debit tersebut dapat diestimasi dari perhitungan dengan menggunakan beberapa data, seperti volume breakthrough, konsentrasi solute (larutan), konsentrasi phase solid maximum dan data pendukung lain yang diperlukan.

Biasanya  $Q_b$  sebesar (0,2 - 3,0) volume bed/jam.

Volume bed untuk perancangan kolom adalah :

$$BV = Q / Q_b \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana  $Q$  = debit liquid yang direncanakan.

$Q_b$  = debit liquid pada test kolom.

$BV$  = volume bed.

Massa atau berat adsorbent ( $M$ ), untuk desain kolom ditentukan dari :

$$M = BV \cdot \rho_s \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

$\rho_s$  = bulk density adsorbent.

Dari kurva breakthrough yang dihasilkan dari kolom dengan skala pilot, akan diperoleh volume breakthrough ( $V_b$ ) yang sesuai dengan konsentrasi effluent ( $C_a$ ).

Volume liquid yang terolah per unit massa adsorbent ( $\hat{V}_b$ ) ditentukan dengan :

$$\hat{V}_b = \frac{V_b}{M} \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

$M$  = massa adsorbent pada test kolom.

Massa exhaust adsorbent per jam ( $M_t$ ) untuk desain kolom dihitung dari :

$$M_t = \frac{Q}{\hat{V}_b} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Waktu breakthrough ( $T$ ), adalah :

$$T = \frac{M}{M_t} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

M = massa adsorbent pada kolom desain kolom.

Perhitungan volume breakthrough ( $V_b$ ) untuk konsentrasi breakthrough ( $C_0$ ), untuk desain kolom :

$$V_b = Q \cdot T \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Keuntungan dari prosedur perancangan ini adalah, metode perhitungan yang dipakai cukup sederhana.

#### 2.3.6.2 Pendekatan Bohart - Adams

Bohart dan Adams (1920) membuat persamaan untuk desain kolom adsorpsi yang didasarkan pada teori kecepatan reaksi permukaan, seperti berikut :

$$\ln (C_0/C - 1) = \ln (e^{k N_0 X/V} - 1) - k \cdot C_0 \cdot t \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana ;  $C_0$  : konsentrasi influent

$C$  : konsentrasi effluent

$k$  : konstanta kecepatan

$N$  : kapasitas adsorpsi karbon

$X$  : ketinggian karbon

$V$  : kecepatan aliran linier

$t$  : waktu breakthrough

Bila  $e^{kN_o \cdot X/V} \gg 1$ , maka persamaan di atas dapat di sederhanakan sebagai berikut :

$$\ln (C_o/C - 1) = \ln e^{kN_o \cdot X/V} - k C_o T \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk  $\ln e^{kN_o \cdot X/V} = k N_o \cdot X/V$ , maka akan didapat persamaan :

$$(V) \ln (C_o/C - 1) = k N_o X/V - k C_o T \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Bila suku kanan persamaan tersebut dikalikan dengan suku kiri  $N/N_o$ , dan kedua suku dibagi dengan  $kN_o$  akan diperoleh :

$$V/ \{k N_o \ln (C_o/C - 1)\} = \{X - (V C_o T/N_o)\} \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan menyelesaikan persamaan tersebut, akan didapat perumusan akhir sebagai berikut ;

$$T = \frac{N_o X}{C_o V} - \frac{1}{C_o k} \{ \ln (C_o/C - 1) \} \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

### 2.3.6.3 Pendekatan Kinetis

Pendekatan ini menggunakan persamaan kinetik yang didasarkan dari penurunan Thomas (1948), dan mungkin juga diturunkan dari persamaan Bohart dan Adams (1920).

Persamaan ini membutuhkan data kurva breakthrough dari test kolom.

Untuk perancangan kolom adsorpsi oleh Thomas dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{e^{[1 + (k / Q (q_0 M - C_0 V))]} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana ; C = konsentrasi effluent

C<sub>0</sub> = konsentrasi influent

k = konstanta kecepatan

q<sub>0</sub> = maximum padatan larutan terserap, gr/gr

M = massa adsorbent, gr

V = volume, lt

Q = debit aliran, liter per jam.

Persamaan (2.16) dapat juga ditulis :

$$1 + e^{[k/Q (q_0 M - C_0 V)]} = C_0/C \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\ln ( C_0/C - 1 ) = (k q_0 M / Q) - (k C_0 V / Q) \dots\dots\dots(2.18)$$

dari persamaan (2.18) diperlihatkan bahwa persamaan tersebut berupa persamaan linier  $Y = mX + b$ .

Dimana  $Y = \ln (C_0/C - 1)$

$$X = V$$

$$m = (k C_0)/Q$$

$$b = (k q_0 M)/Q$$



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 UMUM

Agar dalam pelaksanaan penelitian tidak mendapatkan hambatan yang cukup berarti, maka penyusunan metodologi dipandang perlu untuk :

- a. Memudahkan pelaksanaan tahapan penelitian.
- b. Mendapatkan gambaran tentang tahapan langkah kerja yang sistematis untuk pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan akhir.
- c. Memperkecil atau mengurangi tingkat kesalahan dalam pelaksanaan penelitian.
- d. Melatih kedisiplinan kerja, agar terbiasa bekerja sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan.

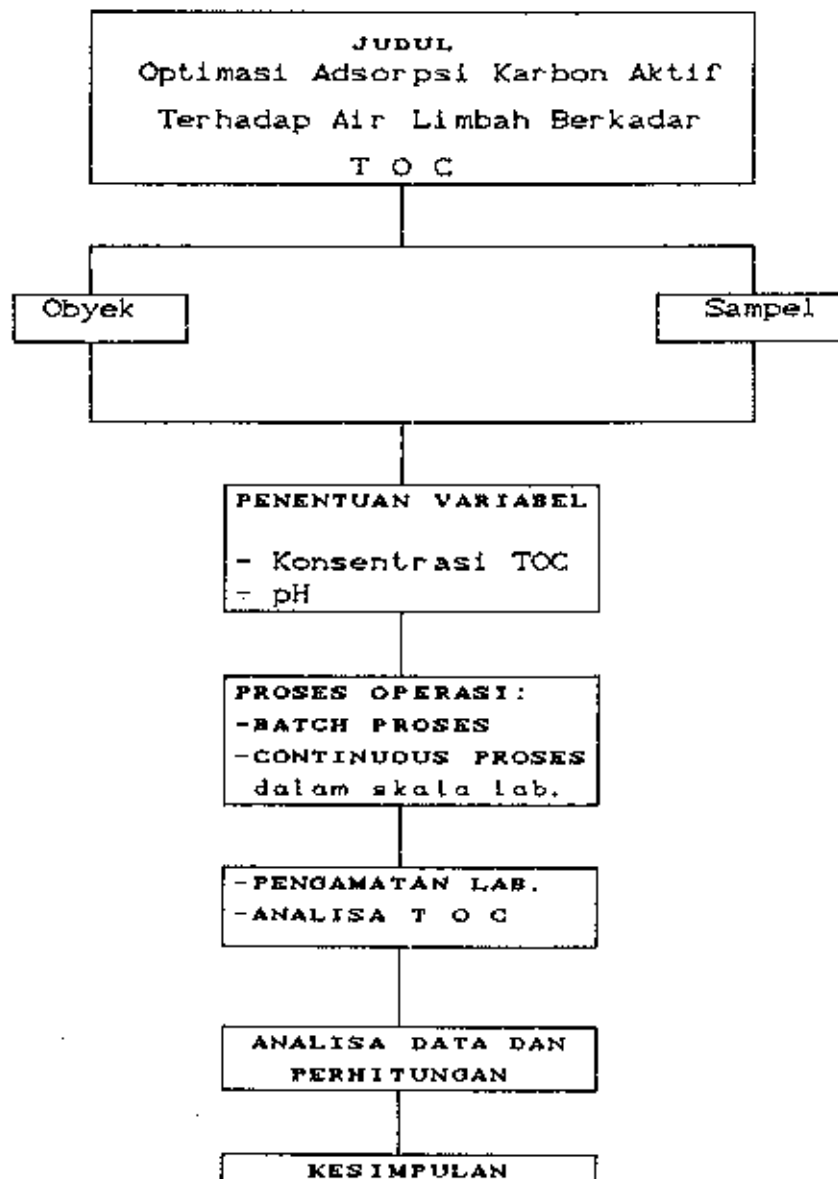
Beberapa hal yang dibahas dalam bab ini, adalah mengenai :

1. Kerangka penelitian, dimana kerangka dasar pemikiran mengenai pemilihan obyek, sampel dan penentuan variabel dalam penelitian ini, disajikan dalam bentuk diagram.
2. Metoda penelitian; dalam konteks ini dibahas mengenai proses operasi yang digunakan dalam penelitian, berikut metoda analisa dari parameter yang diteliti.

3. Pelaksanaan penelitian; membahas tentang spesifikasi alat dan bahan, pembuatan sampel serta prosedur pelaksanaan penelitian.
4. Metoda pengolahan data; menguraikan mengenai metoda yang dipakai untuk pengolahan data hasil percobaan.

### 3.2 KERANGKA PENELITIAN

Untuk lebih mudah memahami tahapan kerangka dasar pemikiran mengenai pemilihan materi dalam penelitian ini, maka dibuat kerangka penelitian pada gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram kerangka penelitian.

### 3.2.1 OBYEK

Dipilih adsorbent berupa karbon aktif, karena berdasarkan penelitian rekan mahasiswa yang telah lalu, disimpulkan bahwa karbon aktif mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dari arang kayu dan arang tempurung kelapa (*Rachmat Boedisantoso, 1991*).

Dipilih karbon aktif dengan bahan dasar tempurung kelapa, karena dalam beberapa sumber bacaan disebutkan bahwa, karbon aktif dengan bahan dasar tersebut mempunyai luas permukaan yang lebih besar di banding dengan bahan dasar yang lain.

### 3.2.2 SAMPEL

Dipilih sampel dari air limbah pabrik alkohol dan spiritus pada PD Aneka Kimia Propinsi Dati I Jatim, Unit Pabrik Alkohol/Spiritus, Wates - Mojokerto.

Pemilihan sampel ini diambil atas pertimbangan bahwa, air limbah yang dihasilkan dari industri tersebut mempunyai kandungan materi organik yang cukup tinggi.

Dalam pemakaian di laboratorium dilakukan pengenceran terlebih dulu.

### 3.2.3 VARIABEL PENELITIAN

Telah dijelaskan dalam sub bab 1.3, tentang tujuan dari penelitian ini.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas adsorpsi adalah :

- Karakteristik fisika dan kimia dari adsorbent.
- Karakteristik fisika dan kimia dari adsorbate.
- Konsentrasi bahan yang akan diserap (adsorbate) pada phase liquid.
- Karakteristik phase liquid; pH, temperatur.
- Waktu kontak.

Dalam penelitian ini hanya dipilih variabel :

- pH liquid
- Konsentrasi TOC dalam sampel,

untuk mendapatkan waktu kontak optimum dari proses.

Faktor lain yang mempengaruhi kemampuan kapasitas adsorpsi dianggap tetap sesuai dengan kondisi yang ada.

Sedang parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya kandungan bahan organik dalam sampel, adalah dengan pengukuran TOC (*Total Organic Carbon*), dimana penentuan besarnya kandungan materi organik didasarkan atas besarnya unsur karbon yang terikat dalam senyawa organik tersebut.

### 3.3 METODA PENELITIAN

#### 3.3.1 PROSES OPERASI

Dalam penelitian ini proses adsorpsi dioperasikan secara Batch Process dan Fixed-bed Adsorption Column (Continuous Process) dengan aliran ke bawah (down flow).

Dari Batch Process akan didapat lamanya waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai konsentrasi kesetimbangan yang dapat dicapai, dengan perbandingan TOC dan massa karbon yang berbeda - beda.

Dari proses ini dihasilkan juga nilai perbandingan besarnya TOC yang terserap oleh tiap gram karbon pada saat  $C_e = C_o$ , yang ditampilkan dalam grafik Isotherm Freundlich. Dengan waktu kontak optimal yang dicapai pada batch process dan tinggi kolom yang telah ditentukan, maka dalam percobaan continuous process akan didapatkan lama waktu breakthrough atau volume breakthrough.

#### 3.3.2 METODA ANALISA

Metoda analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk analisa parameter Total Organic Carbon (TOC), digunakan metoda gravimetri, yaitu dengan menimbang sampel setelah dikeringkan, dan residu sampel setelah dilakukan pembakaran dengan suhu  $\pm 550^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 0.5 jam. Selisih dari penimbangan tersebut merupakan berat TOC.

2. Untuk pengukuran pH digunakan pH-meter.
3. Untuk suhu diukur dengan termometer suhu.

### 3.4 PELAKSANAAN PENELITIAN

#### 3.4.1 SPESIFIKASI PERALATAN

Dalam pelaksanaan penelitian menggunakan berbagai jenis alat yang memiliki spesifikasi dan fungsi tertentu. Beberapa peralatan laborat yang digunakan tersebut adalah:

##### 1. Labu ukur

- Bahan : Terbuat dari kaca borosilikat yang tahan panas.
- Ukuran : 1000 ml dan 2000 ml
- Fungsi : Untuk volume 1000 ml sebagai tempat pencampuran antara karbon aktif dengan sampel air pada batch proses.
- Jumlah : 4 buah untuk volume 1000 ml.  
2 buah untuk volume 2000 ml.

##### 2. Stiromatic

- Bentuk : Persegi empat, merupakan alat pengaduk magnetis.
- Fungsi : Untuk mencampur adsorbent dan adsorbate pada batch proses, agar kontak yang terjadi antara dua materi tersebut berlangsung homogen.
- Jumlah : 3 buah.

### 3. Vacuum filter

- Bentuk : Terdiri dari pompa vacuum, penampung filtrat, dan corong dilengkapi dengan filter yang terbuat dari baja stainless. Dalam penggunaannya, biasanya menggunakan filter tambahan sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.
- Fungsi : Untuk memisahkan filtrat sampel dari materi karbon aktif, setelah batch proses berlangsung.
- Jumlah : 1 buah.

### 4. Glassfiber filter

- Bahan : Terbuat dari fiberglass.
- Bentuk : Berupa lembaran dengan diameter tertentu.
- Spesifikasi : Diameter pori 0.45  $\mu\text{m}$ .  
Tahan pada pembakaran 550°C.  
Tidak higroskopis.
- Fungsi : Untuk pemisahan filtrat sampel dari sisa karbon aktif yang terikut dalam sampel, setelah batch proses berlangsung.

### 5. Column

- Bentuk : Berupa kolom / silinder tegak.
- Bahan : Gelas (pyrex).



Fungsi : Sebagai tempat untuk berlangsungnya continuous proses.

Ukuran : Diameter dalam 5,2 cm.  
Diameter luar 6.0 cm.  
tinggi kolom 150 cm.

Jumlah : 1 buah.

#### 6. Support Plate

Bentuk : Berupa lingkaran yang berlubang-lubang.

Bahan : Plastik.

Fungsi : Sebagai penyangga karbon agar tidak terbawa aliran.

Ukuran : Diameter 5.2 cm.

Jumlah : 1 buah.

#### 7. Cawan

Bahan : Porselen tahan panas.

Ukuran : Volume 50 ml.

Fungsi : Sebagai tempat sampel saat dilakukan pengeringan, penimbangan dan pembakaran dalam analisa TOC.

Jumlah : 50 buah.

#### 8. Bekerglass

Bahan : Terbuat dari kaca borosilikat yang tahan panas.

Ukuran : 50 ml.  
Fungsi : Sebagai tempat penampungan sampel setelah proses berlangsung.

8. Pipet Ukur

Bahan : Gelas.  
Ukuran : 25 ml, 50 ml, 100 ml.  
Fungsi : Untuk memindahkan sampel.  
Jumlah : Masing-masing ukuran 2 buah.

9. Desikator

Bentuk : Berupa stoples dilengkapi penutupnya, di dalamnya terdapat rak terbuat dari bahan porselen serta bahan pengering.  
Bahan : Stoples terbuat dari bahan kaca tebal, dan bahan pengeringnya berupa silaca gel yang berbentuk kristal.  
Fungsi : Untuk menjaga agar sampel yang akan ditimbang tetap kering dan stabil.  
Jumlah : 2 buah.

10. Oven

Suhu :  $105^{\circ}\text{C}$ .  
Fungsi : Untuk mengeringkan sampel serta karbon aktif yang akan dipakai.  
Jumlah : 1 buah.

### 11. Furnace

Suhu : 550°C.

Fungsi : Untuk membakar sampel dalam analisa TOC, sehingga materi organik yang ada dalam sampel dihilangkan.

### 12. Peralatan Pelengkap

- Jerigen dilengkapi dengan pipa out flow, untuk tempat sampel yang akan dialirkan ke kolom.
- Statip penyangga kolom.
- Penjepit slang untuk pengatur debit.
- Propipet.
- Stopwatch, untuk pengukuran debit.
- Corong.

### 3.4.2. SPESIFIKASI BAHAN

#### 1. Karbon Aktif

Spesifikasi : Effective size	30 mesh.
Over size, maximum	5 %.
Under size, maximum	5 %.
Moisture, maximum	5 %.
Density	0.40 - 0.45 gr/l.
Surface Area	1100 - 1200 m <sup>2</sup> /gr
Pore Volume	0.8 - 0.9 ml/gr.

## 2. Sampel

Sumber : PD Aneka Kimia Propinsi Dati I Jatim, Unit  
Pabrik Alkohol/Spiritus, Wates - Mojokerto

Kondisi awal: Suhu  $95^{\circ}\text{C}$ .

Konsentrasi TOC  $78,96 \pm 0,2 \text{ gr/l}$ .

pH =  $4,3 \pm 0,05$ .

## 3. Bahan Tambahan

1. Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ; untuk pengatur pH.
2. Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) ; untuk pengatur pH.

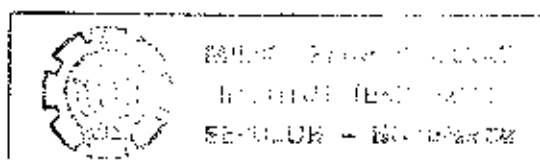
### 3.4.3. PENGAWETAN DAN PENGENCERAN SAMPEL

Seperti telah dijelaskan di depan bahwa sampel yang berasal dari industri alkohol/spiritus mempunyai kandungan TOC yang cukup tinggi ( $78,96 \pm 0,2 \text{ gr/l TOC}$ ). Untuk kepentingan penelitian konsentrasi tersebut masih cukup tinggi, oleh sebab itu perlu diencerkan.

Demikian juga agar kualitas air limbah yang dipergunakan sebagai sampel mempunyai kualitas yang relatif sama, maka sampling dilakukan satu kali saja dan kemudian diawetkan.

Cara pengawetan sampel sebagai berikut:

1. Tempatkan air limbah tersebut pada wadah yang terbuat dari bahan plastik atau gelas.



2. Kemudian sampel diasamkan, dengan menambahkan  $H_2SO_4$  sampai mencapai  $pH < 2$ .
3. Simpan ke dalam refrigerator.
4. Waktu penyimpanan yang direkomendasikan tidak lebih dari 28 hari.

Sedang untuk pengenceran sampel dilakukan sebagai berikut :

1. Untuk konsentrasi 7,986 gr/l TOC dibuat dengan mengencerkan air limbah sebesar 10 kali.
2. Pengenceran dilakukan dengan aquadest atau bisa juga air kran.
3. Untuk konsentrasi 3,948 gr/l, 1,974 gr/l masing masing dilakukan pengenceran 20x dan 40x dari konsentrasi air limbah awal.
4. Untuk konsentrasi 4,935 gr/l, 2,486 gr/l, 1,243 gr/l dibuat dengan pengenceran 16x, 32x, 64x dari konsentrasi air limbah awal.

#### 3.4.4. PROSEDUR PELAKSANAAN PENELITIAN

##### 3.4.4.1 BATCH PROSES

1. Menyiapkan semua bahan dan alat, untuk batch proses digunakan wadah labu ukur 1000 ml beserta tutupnya.
2. Menyiapkan karbon aktif yang telah dipanaskan pada  $105^{\circ}C$  selama semalam, masing-masing 40 gr.

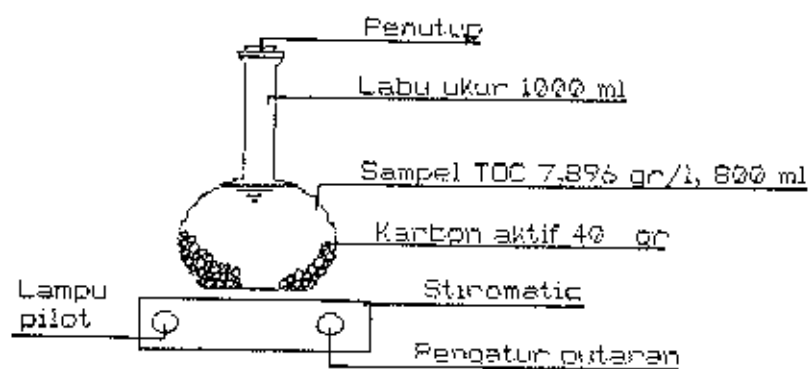
3. Menyiapkan sampel dengan konsentrasi 7,986 gr/l, dengan pH 2, 3, 4, 6, 8, masing - masing 800 ml.
4. Mencampurkan karbon aktif yang telah disediakan dengan sampel yang telah ditentukan pH dan konsentrasinya dalam labu ukur.
5. Meletakkan labu ukur yang telah berisi campuran tersebut di atas stiromatic, dan memberikan magnet ke dalam labu ukur.  
Stiromatic dihidupkan dan diaduk pelan - pelan.
6. Kemudian ambil sampel tersebut pada 0 jam, 0,5 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam, sebanyak 30 ml.
7. Setelah itu sampel yang telah diambil disaring dengan menggunakan glassfiber filter dan vacuum filter untuk memisahkan sampel dari partikel karbon aktif yang terikut.
8. Selanjutnya dilakukan analisa sesuai prosedur analisa TOC.
10. Percobaan dilanjutkan dengan mengganti karbon dengan berat yang sama, dan variasi konsentrasi dan pH yang ditentukan.
11. Konsentrasi sampel yang digunakan adalah 7,986 gr/l, 4,935 gr/l, 3,948 gr/l, 2,486 gr/l, 1,974 gr/l, 1,243 gr/l.
12. Pengukuran suhu dilakukan setiap kali percobaan.

13. Sebelum dipakai untuk percobaan karbon aktif terlebih dulu dipanaskan, untuk menjamin agar mikroorganisma tidak dapat hidup dalam karbon aktif tersebut.

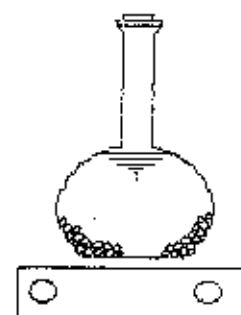
Konsentrasi TOC dalam percobaan rekan mahasiswa yang telah lalu adalah 5 gr/l (Rachmat Boedi Santoso, 1991). Oleh sebab itu pemilihan konsentrasi percobaan saat ini diambil dengan acuan konsentrasi tersebut di atas yaitu disekitar nilai [TOC] = 5 gr/l.

Sedang pemilihan variasi pH liquid didasarkan pada pH sampel awal.

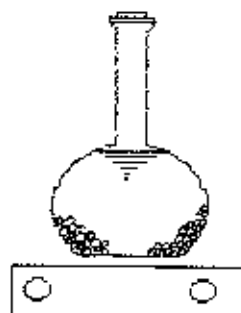
Gambar 3.2 menunjukkan peralatan percobaan batch process.



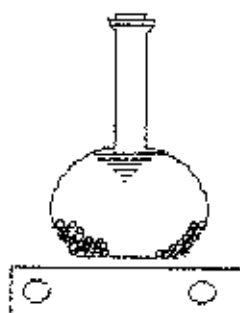
Percobaan pada pH 8  
[1]



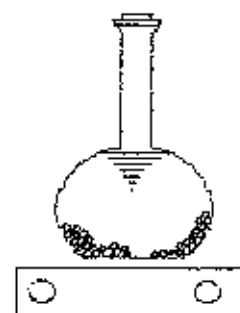
Percobaan pada pH 6  
[2]



Percobaan pada pH 4  
[3]



Percobaan pada pH 4  
[4]



Percobaan pada pH 2  
[5]

Gambar 3.2 Percobaan batch process



#### 3.4.4.2 CONTINUOUS PROSES

##### - DENGAN FIXED - BED ADSORPTION COLUMN -

###### *a. Persiapan alat dan bahan.*

- Peralatan yang berupa kolom, reservoar, statip, serta peralatan pendukung lainnya dirangkai dan dipasang seperti dalam gambar 3.3.

- Membuat sampel dengan karakteristik yang sesuai dengan hasil optimal plotting data batch proses.

Dalam hal ini sampel dengan pH  $6 \pm 0.05$  menghasilkan removal yang lebih baik dibanding sampel dengan pH yang lain.

- Kemudian sampel yang telah dibuat dituang ke dalam reservoar dan penjepit untuk pengatur debit ditutup rapat.

- Kolom diisi karbon aktif dengan ketinggian 50 cm.

- Penjepit pipa yang digunakan sebagai pengatur debit pada ujung kolom bagian bawah ditutup rapat.

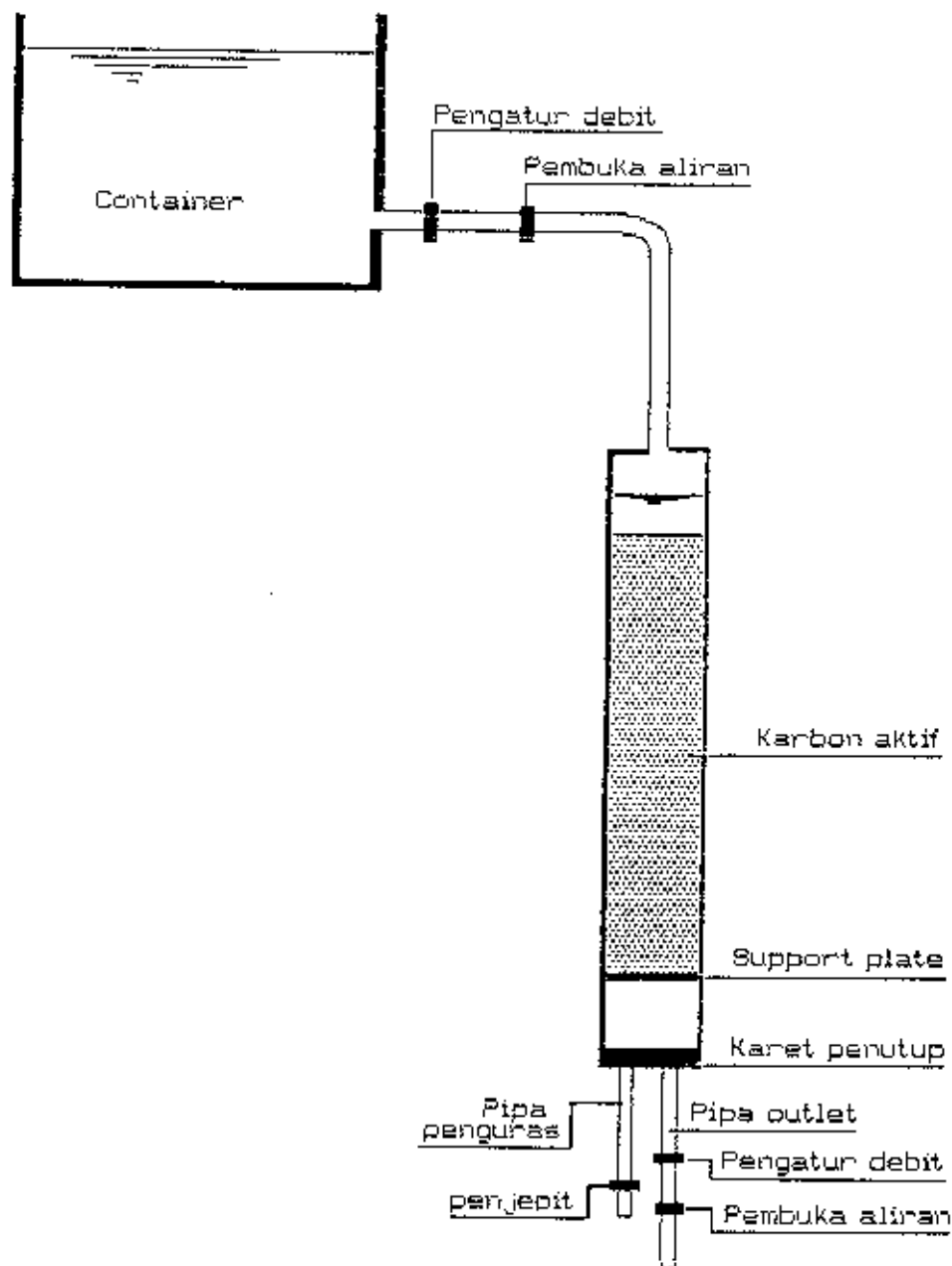
###### *b. Menjalankan alat*

- Sampel yang telah dituangkan ke dalam reservoar dialirkan secara gravitasi.

Debit pengaliran ditentukan sesuai dengan perhitungan, yaitu sebesar 9 cc/menit.

Pengaturan debit dilakukan dengan mengatur bukaan penjepit pipa pada reservoar dan menjaga tinggi muka air dalam reservoar.

- Waktu pengisian ditetapkan 2 jam, yang diperoleh dari plotting data batch proses.
- Sebelum waktu pengisian kolom dengan sampel mencapai 2 jam, penjepit pipa pada ujung bawah kolom yang dalam hal ini digunakan sebagai pengatur debit effluent tetap dibiarkan dalam keadaan tertutup.
- Pengambilan sampel effluent pada 0 jam, dilakukan setelah waktu pengisian mencapai 2 jam pertama.
- Sampel effluent yang akan dianalisa disaring terlebih dulu dengan menggunakan glass fiber filter dan vacuum filter, untuk menghilangkan partikel karbon yang terikut aliran.
- Kemudian diambil 25 ml dan dimasukkan ke dalam cawan porselen, serta dikeringkan dengan memasukkan ke dalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama semalam.
- Selanjutnya dilakukan analisa, sesuai dengan prosedur analisa TOC.
- Pengambilan sampel dilakukan pada 0 jam, 1 jam, 2 jam, dan seterusnya sampai kira - kira effluent mendekati warna dan kekeruhan influent semula.
- Suhu pada waktu operasi diukur juga.



Gambar 3.3 Percobaan continuous process

## 3.4.4.3 PROSEDUR ANALISA TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Prosedur analisa TOC yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metoda gravimetri, yaitu dengan penimbangan. Langkah - langkah analisa sebagai berikut :

1. Cawan yang akan dipergunakan untuk analisa terlebih dulu dikeringkan dengan memasukkan ke dalam oven  $105^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 2 jam.
2. Kemudian dibakar pada furnace dengan suhu  $550^{\circ}\text{C}$  selama satu jam, untuk menjamin bahwa cawan tersebut bebas dari materi organik.
3. Sampel yang telah dipisahkan dari partikel karbon diambil 25 ml dan ditempatkan ke dalam cawan yang telah dibakar.
4. Sampel dan cawan dikeringkan pada oven  $105^{\circ}\text{C}$  selama semalam, untuk menghilangkan kadar airnya.
5. Untuk menghilangkan kandungan karbon anorganik, sebelum sampel dikeringkan ditambahkan satu atau dua tetes asam pekat (  $\text{HCl}$  atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ).
5. Setelah kering berat cawan dan sampel tersebut ditimbang dengan timbangan analitik.
6. Hasil penimbangan dicatat.

7. Sebelum ditimbang, pada waktu cawan dan sampel dikeluarkan dari oven, terlebih dulu dimasukkan desikator selama 15 menit atau setelah kestabilan tercapai.

8. Setelah ditimbang, cawan dan sampel kering tersebut dibakar dengan menggunakan furnace pada suhu  $550^{\circ}\text{C}$  selama tidak kurang dari 0,5 jam.

Pada suhu ini karbon organik yang ada dalam sampel menguap membentuk senyawa  $\text{CO}_2$ . Diharapkan setelah pembakaran ini tidak ada senyawa karbon dalam bentuk organik yang tersisa.

9. Setelah pembakaran selesai cawan dan sampel dimasukkan ke dalam oven  $105^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 15 menit, agar terjadi penurunan suhu.

10. Kemudian cawan dimasukkan kedalam desikator selama kurang lebih 15 menit atau sampai cukup stabil untuk ditimbang.

11. Lalu ditimbang dengan timbangan analitis.

12. Hasil penimbangan yang diperoleh dicatat.

13. Kadar Total Organic Carbon (TOC) adalah selisih dari hasil penimbangan setelah pemanasan  $105^{\circ}\text{C}$  dikurangi hasil penimbangan setelah pembakaran  $550^{\circ}\text{C}$ , dikalikan jumlah ml sampel yang dimasukkan dalam cawan dan dibagi 1000.

### 3.5 METODA PENGOLAHAN DATA

Untuk mengolah data yang dihasilkan dari percobaan adalah sebagai berikut :

a. Dari batch proses, dibuat plotting data dengan sumbu Y menggambarkan penurunan konsentrasi dari awal sampai akhir percobaan. Sedang sumbu X merupakan lama waktu percobaan berlangsung.

Plotting data ini dimaksudkan untuk memperoleh lama waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai konsentrasi kesetimbangan adsorpsi.

Analisa regresi linier dibuat untuk mengetahui korelasi yang terjadi antara variabel  $C_e/C_o$  dan waktu kesetimbangan ( $t$ ), serta menentukan kondisi optimum dari proses operasi.

b. Dari analisa continuous proses, dalam hal ini Fixed-bed Adsorption Column dilakukan plotting data untuk mendapatkan kurva breakthrough.

## BAB IV

### HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. PERCOBAAN BATCH PROCESS

Dalam percobaan batch process ini diharapkan untuk :

- Mendapatkan waktu terpendek yang diperlukan untuk mencapai konsentrasi kesetimbangan dari proses adsorpsi.
- Menentukan kondisi yang optimal dari proses adsorpsi TOC oleh karbon aktif sebagai adsorbent.
- Menentukan lama waktu kontak yang diperlukan untuk operasi continuous process.

Percobaan batch process dilakukan pada kondisi sebagai berikut :

a. Konsentrasi TOC dalam sampel, masing-masing :

- 7.896 gr/l.
- 4.935 gr/l.
- 3.948 gr/l.
- 2.468 gr/l.
- 1.974 gr/l.
- 1.234 gr/l.

b. Volume larutan sampel : 800 ml

c. pH proses : 2, 3, 4, 6, 8.

d. Berat adsorbent : 40 gram dalam 800 ml larutan sampel atau 50 gr/l larutan.

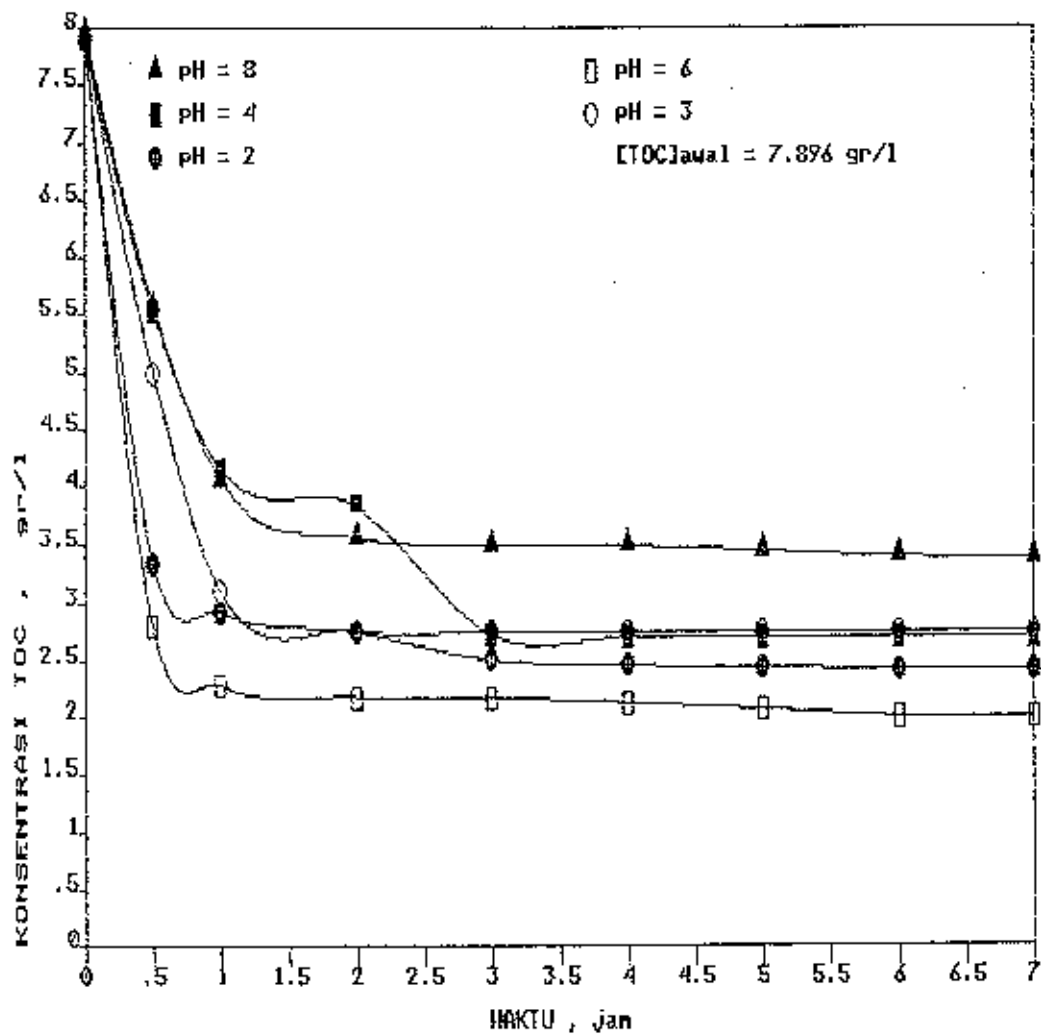
Setelah terjadi kontak antara adsorbent dan adsorbate selama 7 jam, maka proses menghasilkan data hasil percobaan batch proses yang disajikan dalam lampiran A.1 - A.30.

Dari data tersebut, diperoleh waktu kumulatif proses ( $t$ ) dan konsentrasi proses ( $C_e$ ) selama percobaan berlangsung sepanjang  $t$  jam. Kemudian dibuat grafik hubungan antara waktu kumulatif proses ( $t$ ) dan konsentrasi saat proses berlangsung ( $C_e$ ), dengan waktu ( $t$ ) sebagai sumbu-x dan  $C_e$  sebagai sumbu-y.

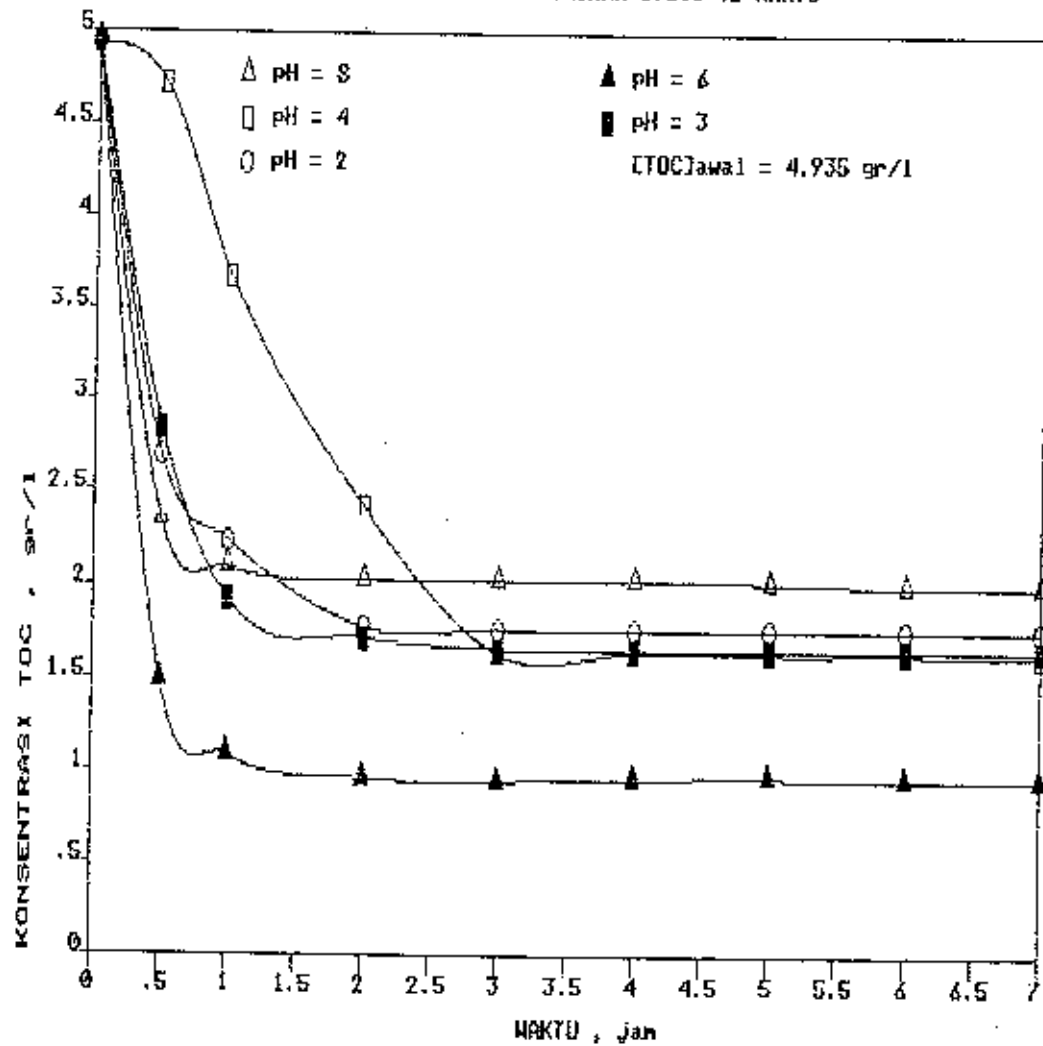
Grafik disajikan pada gambar 4.1 - gambar 4.6.



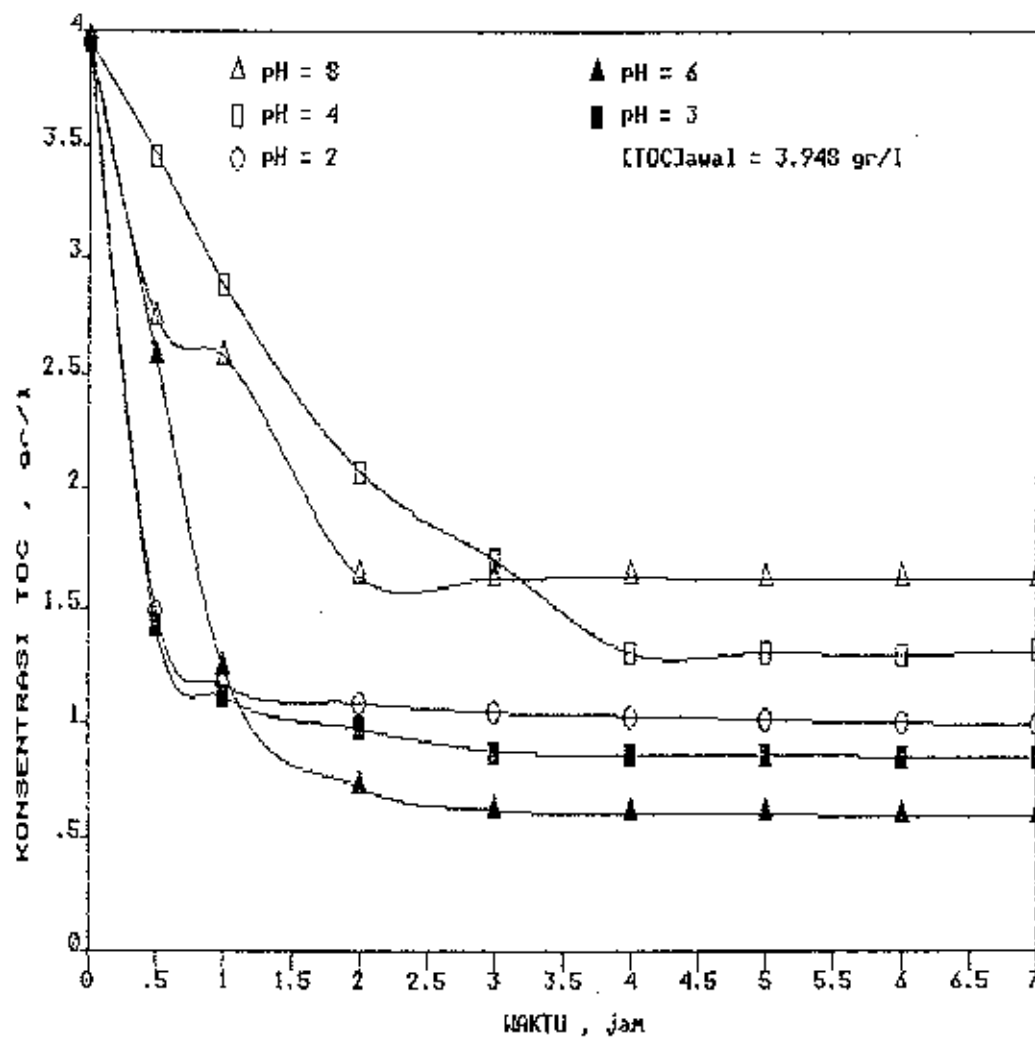
GAMBAR 4.1: GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU



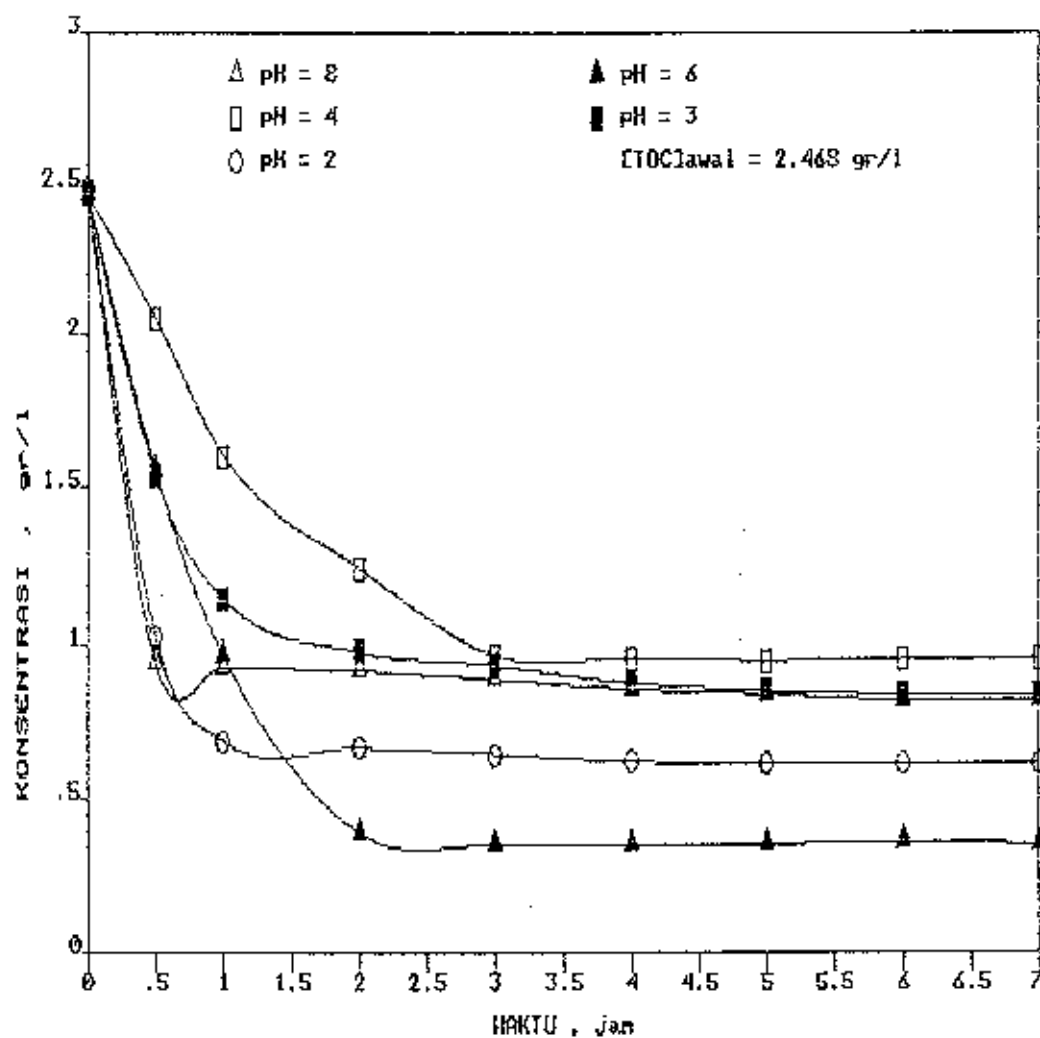
GAMBAR 4.2: GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU



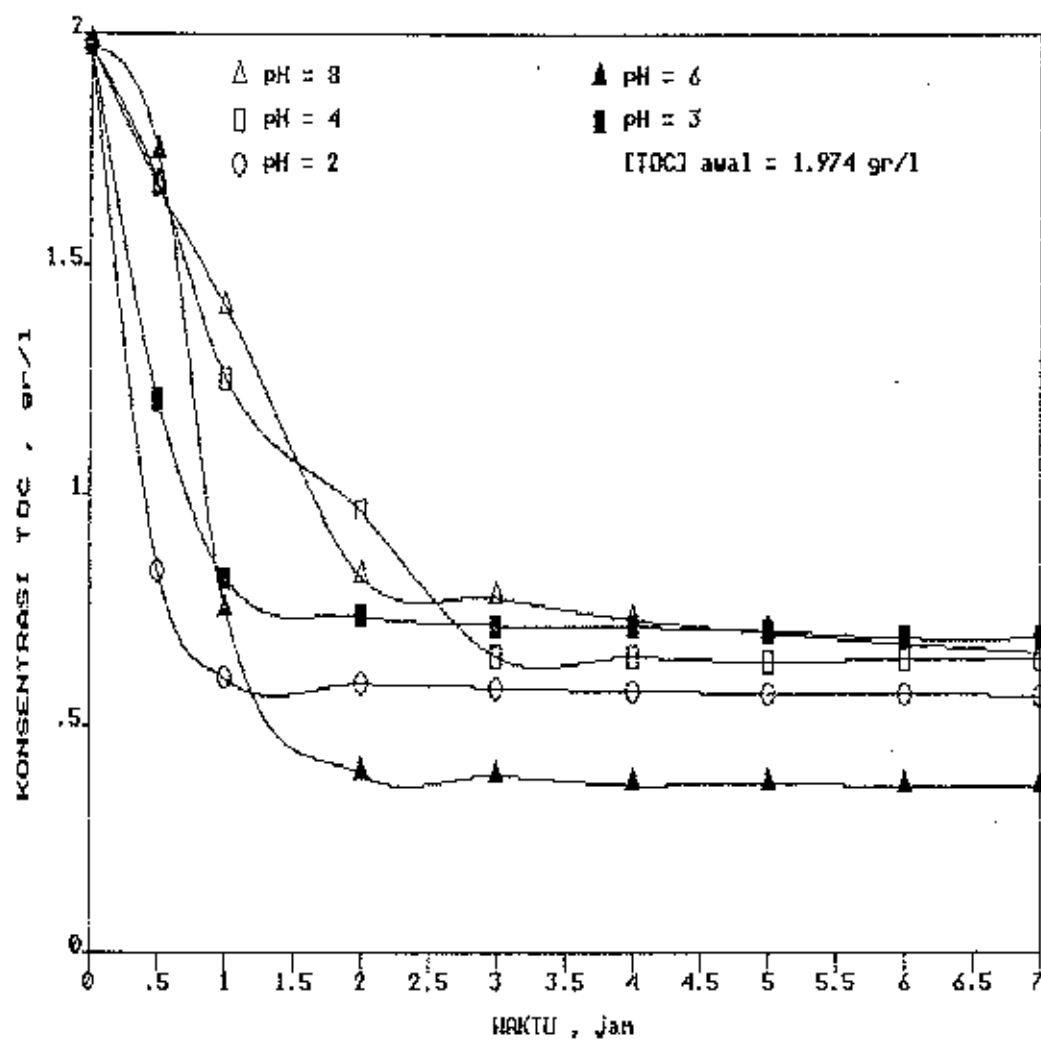
GAMBAR 4.3 : GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU



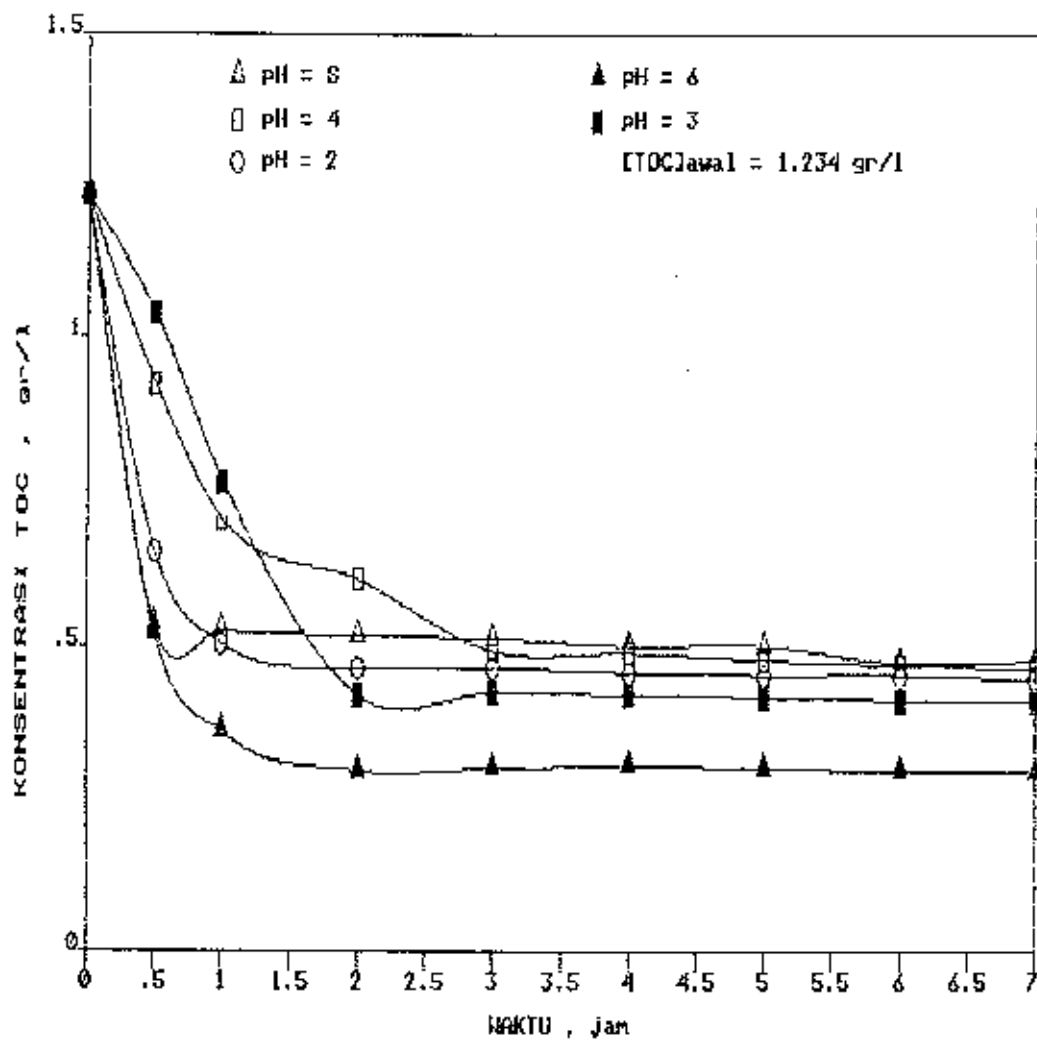
GAMBAR 4.4 : GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU



GAMBAR 4.5 : GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU



GAMBAR 4.6 : GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU



Dari gambar 4.1 - 4.6 dapat dilihat bahwa, percobaan batch process dengan konsentrasi serta pH yang bervariasi menghasilkan ; waktu yang diperlukan untuk mencapai kestabilan menjadi bervariasi pula, demikian juga konsentrasi saat kestabilan tercapai menjadi berbeda beda.

Pada gambar 4.1 dapat kita lihat bahwa pada proses dengan [TOC] awal = 7,896 gr/l, dengan pH = 6 mampu menurunkan [TOC] dalam liquid sampai tinggal 2,276 gr TOC/l sampel, dalam waktu 1 jam.

Pada gambar 4.2 dengan [TOC] awal = 4,935 gr/l, proses yang berlangsung dengan pH liquid = 6 , mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih besar dari proses dengan pH liquid yang lain. Pada pH 6 tersebut karbon aktif mampu menurunkan [TOC] dalam liquid sampai tinggal 1,084 gr TOC/l sampel, dalam waktu proses 2 jam.

Demikian juga pada gambar 4.3 - gambar 4.6, proses dengan pH 6 mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih besar dibanding proses yang berlangsung dengan pH lain (lihat tabel 4.1).

Pada proses yang berlangsung dengan [TOC] awal = 1,974 gr/l dan 1,234 gr/l (gambar 4.5 - 4.6) apabila dilihat dari besarnya konsentrasi kesetimbangan proses, pada [TOC] awal = 1.974 gr/l, mampu diturunkan oleh karbon aktif hingga [TOC] dalam liquid = 0.388 gr/l (pada pH = 6), dan pada [TOC] awal = 1,234 gr/l konsentrasi kesetimbangan TOC yang tercapai sebesar 0,296 gr/l seperti yang ditampilkan pada tabel 4.1, namun apabila ditinjau dari persen removal yang dihasilkan, proses adsorpsi yang berlangsung pada kedua variasi konsentrasi tersebut mengalami penurunan.

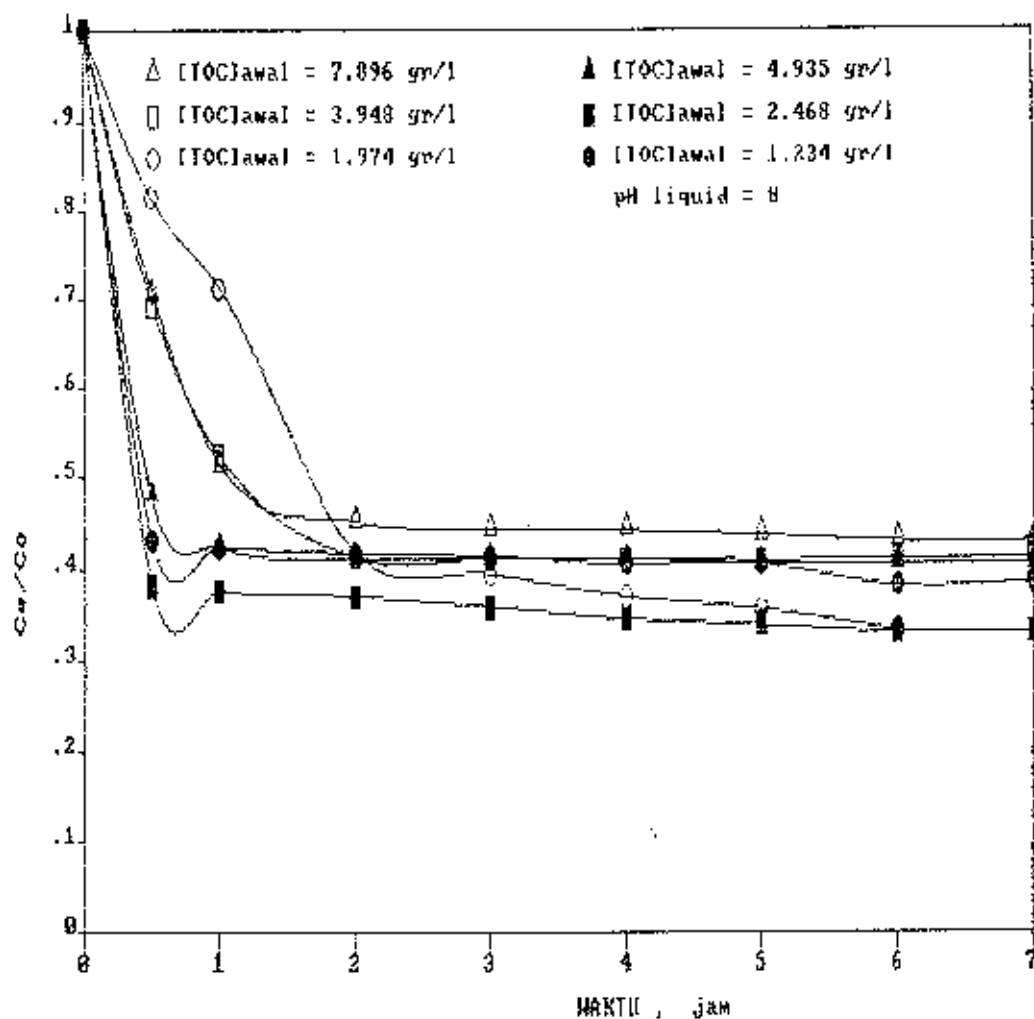
Hal ini dapat terjadi karena dimungkinkan adanya komposisi karbon organik dalam sampel yang tidak dapat terserap pada kondisi proses yang ada.

Berikut ini ditampilkan juga gambar 4.7 - 4.11 yang merupakan grafik  $C_e/C_0$  versus waktu kumulatif untuk masing - masing variasi pH.

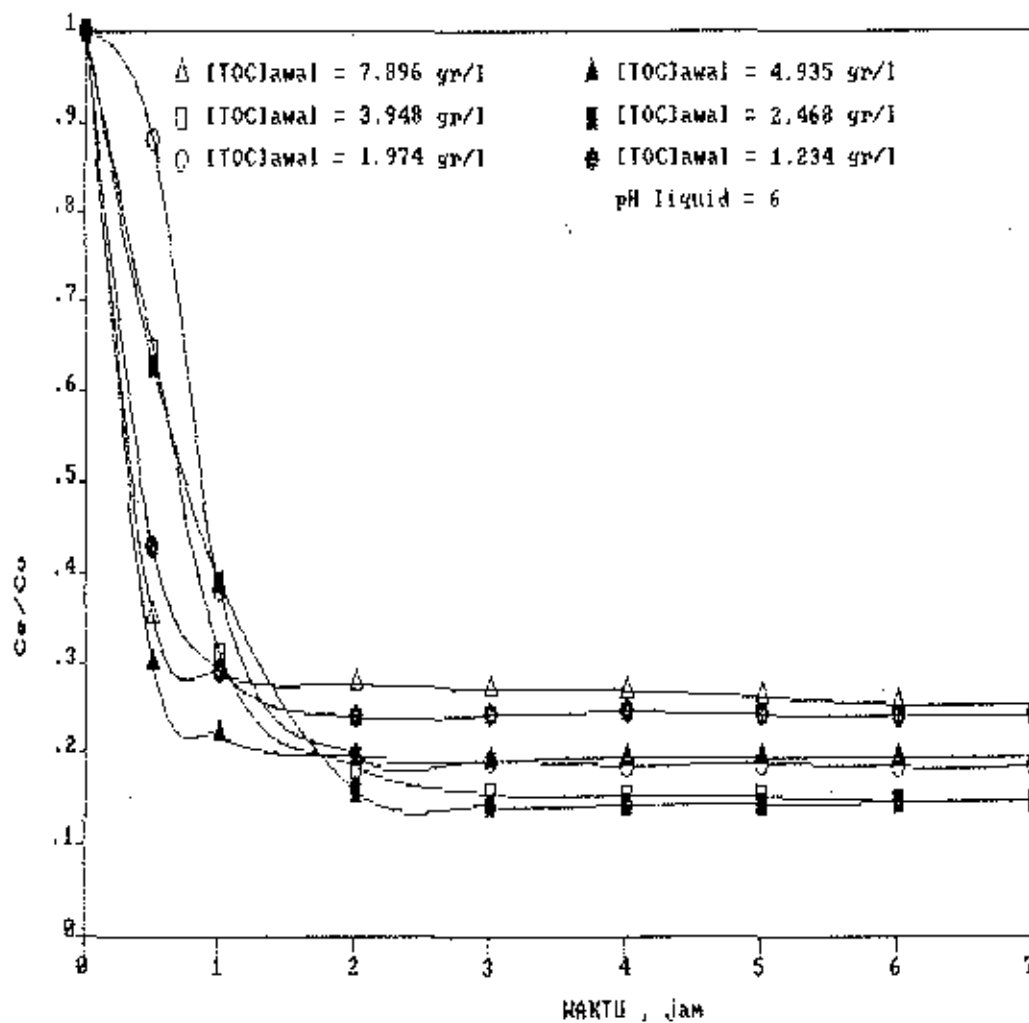
Untuk menentukan mana kondisi proses yang optimal, kita lihat terlebih dulu lama waktu proses yang diperlukan untuk mencapai konsentrasi setimbang, besarnya kemampuan adsorpsi, serta kestabilan proses itu sendiri, dalam arti konsentrasi kesetimbangan tidak mengalami kenaikan atau penurunan dengan adanya penambahan waktu proses.



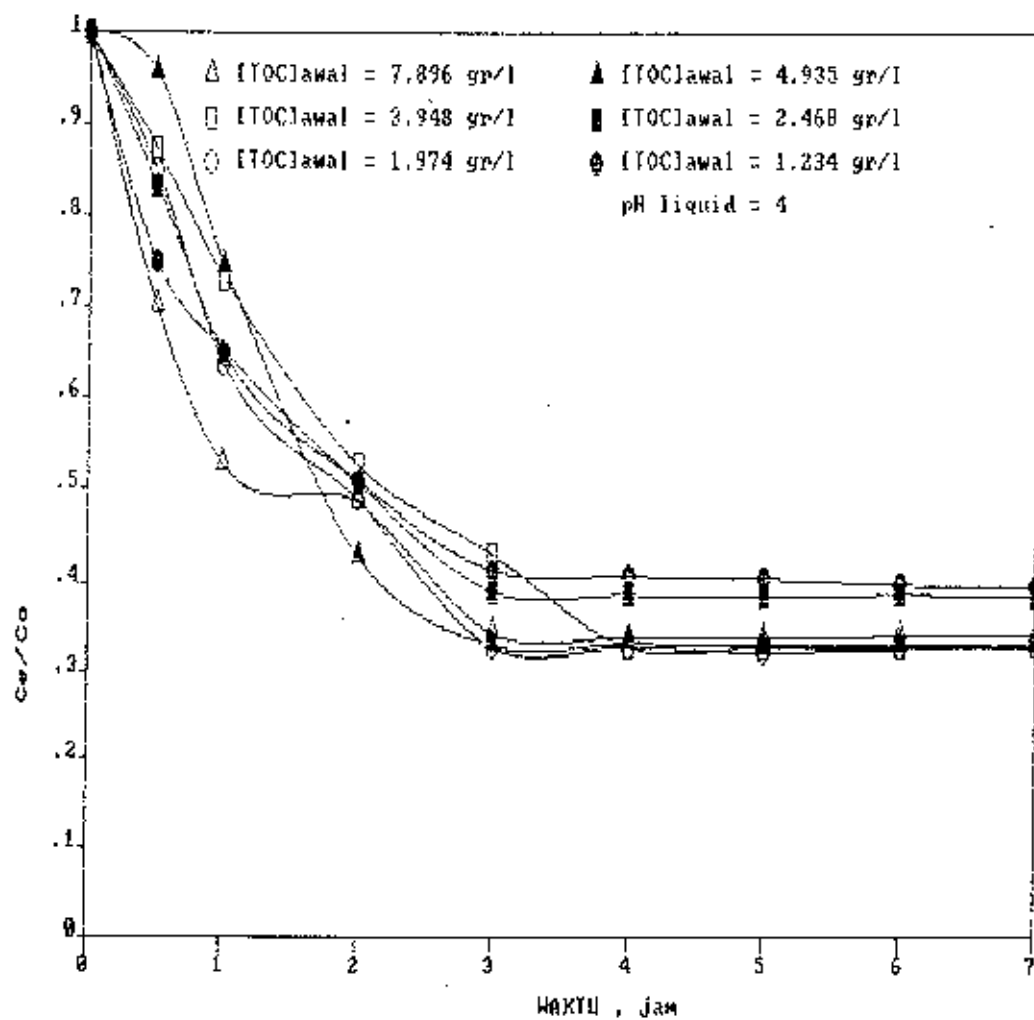
GAMBAR 4.7 : GRAFIK PENURUNAN  $C_e/C_0$  vs WAKTU



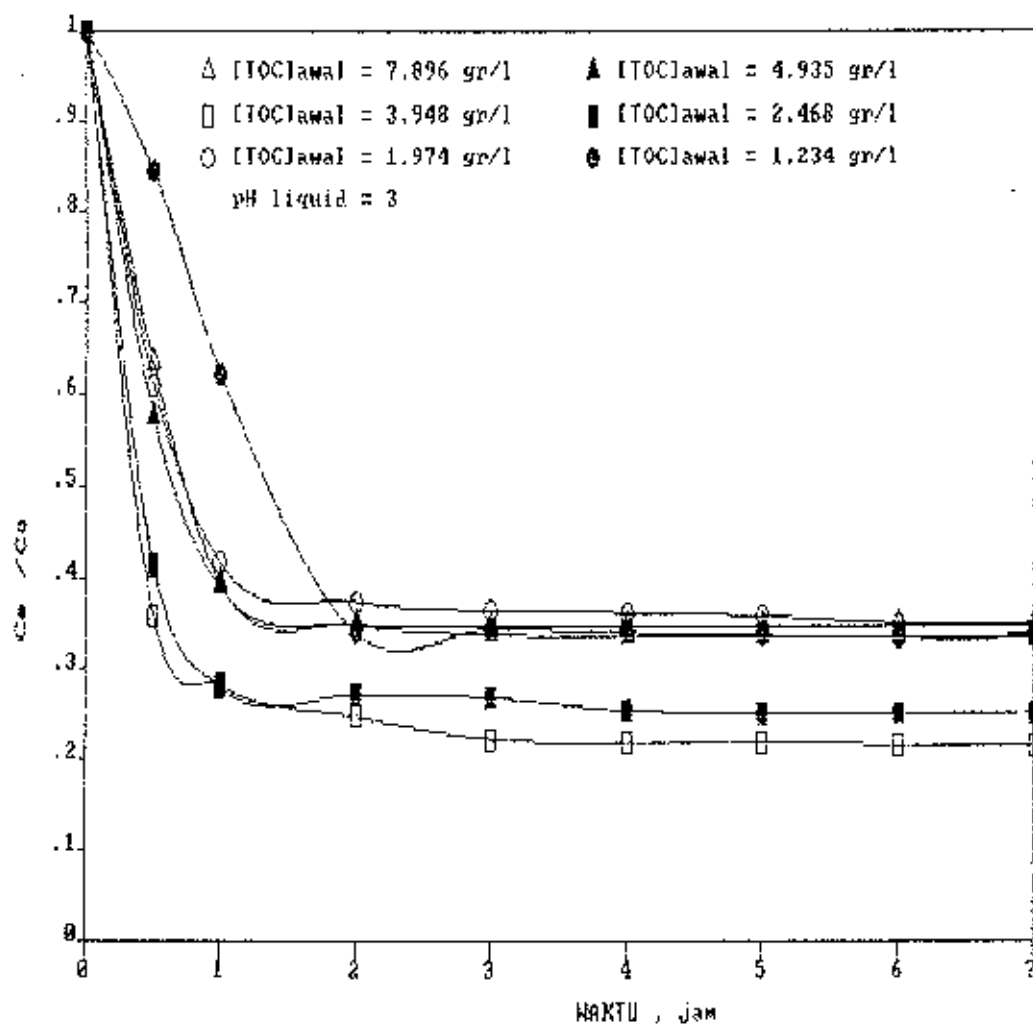
GAMBAR 4.8 : GRAFIK PENURUNAN [TOC] vs WAKTU

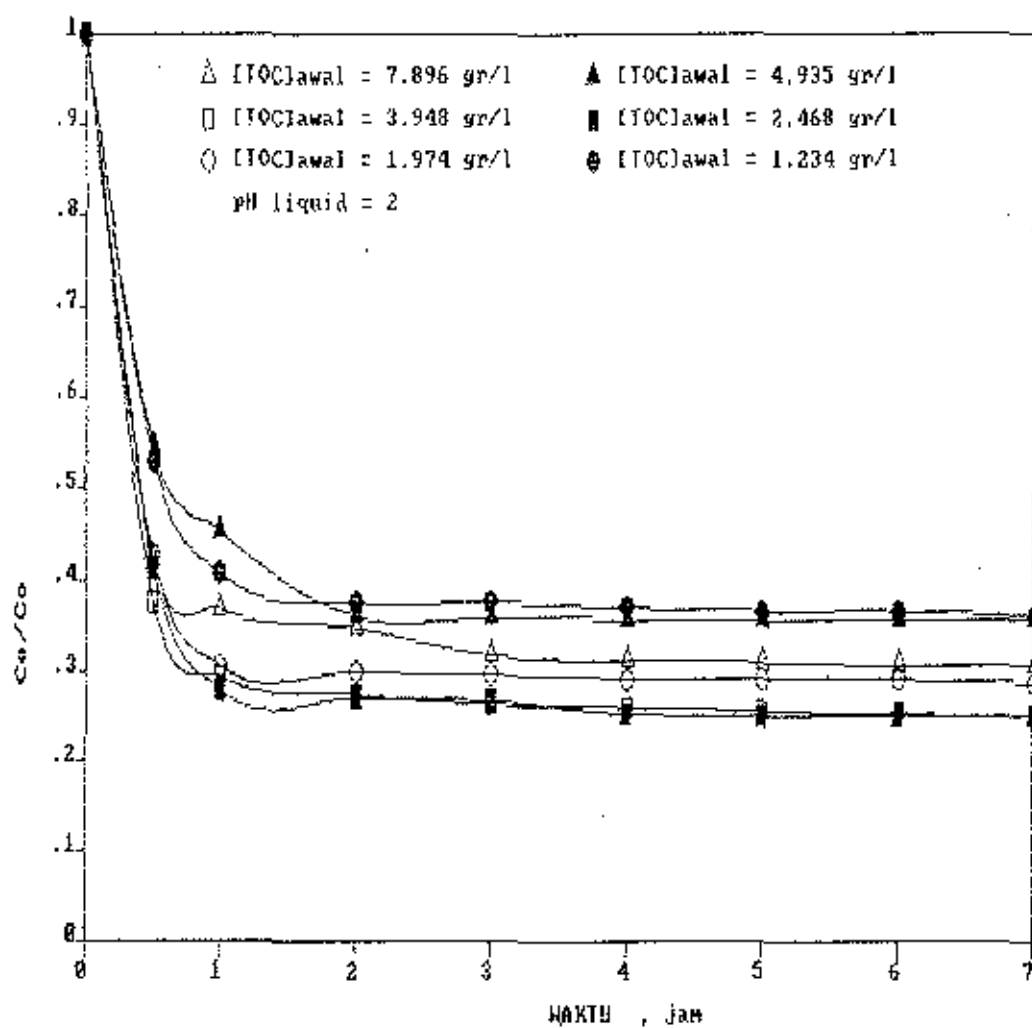


GAMBAR 4.9 : GRAFIK PENURUNAN  $C_e/C_o$  VS WAKTU



GAMBAR 4.10 : GRAFIK PENURUNAN  $C_e/C_o$  vs WAKTU



GAMBAR 4.11 : GRAFIK PENURUNAN  $C_e/C_o$  vs WAKTU


Berikut ini disajikan tabel 4.1 yang menunjukkan kondisi pada saat proses mendekati kestabilan.

Tabel 4.1. Kondisi sampel saat proses mendekati kestabilan.

pH	[TOC] sampel, (gr/l)	Waktu, (jam)	Removal $1 - \frac{C_e}{C_o}$	[TOC] <sub>awal</sub> (gr/l)
2	2.916	1	0.631	7.896
3	2.752	3	0.650	
4	2.728	3	0.654	
6	2.276	1	0.711	
8	3.576	2	0.547	
2	1.780	2	0.639	4.935
3	1.668	4	0.662	
4	1.640	3	0.668	
6	1.084	2	0.805	
8	2.096	1	0.575	

lanjutan tabel 4.1

2	1.084	2	0.725	3.948
3	0.972	2	0.754	
4	1.304	4	0.670	
6	0.732	2	0.815	
8	1.636	2	0.586	
2	0.692	1	0.720	2.468
3	0.932	3	0.622	
4	0.964	3	0.609	
6	0.392	2	0.841	
8	0.916	2	0.629	
2	0.604	1	0.694	1.974
3	0.740	2	0.625	
4	0.652	3	0.670	
6	0.388	2	0.803	
8	0.780	3	0.605	
2	0.464	2	0.624	1.234
3	0.424	3	0.656	
4	0.492	3	0.585	
6	0.296	2	0.760	
8	0.524	1	0.575	

Hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa dengan konsentrasi TOC awal yang sama, waktu serta konsentrasi TOC yang dicapai saat mendekati kestabilan menjadi berbeda pula dengan adanya perbedaan pH liquid.

Proses yang berlangsung dengan pH liquid = 8 mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih kecil bila dibanding dengan proses yang dioperasikan dengan pH liquid yang cenderung asam. Namun tidak berarti bahwa dengan pH yang semakin asam proses menghasilkan removal yang semakin tinggi, tetapi pada pH yang sedikit asam dan cenderung netral proses dapat berlangsung optimal.

Hal ini dapat dipahami, karena air limbah yang digunakan sebagai sampel adalah sisa fermentasi industri alkohol yang banyak mengandung gula serta sebagian asam organik sebagai hasil proses asidifikasi, sedang gula mempunyai pH yang cenderung netral. Namun apabila pH liquid dikondisikan netral belum tentu proses dapat berlangsung optimal karena komposisi sampel yang terdiri dari campuran beberapa senyawa karbon organik tersebut.

Dengan demikian sesuai dengan fenomena yang ada dalam proses adsorpsi; bahwa pada pH yang cenderung asam, proses akan lebih banyak menyerap materi organik yang bersifat cenderung asam.



Secara umum dapat dilihat bahwa pada percobaan yang berlangsung pada pH 6 karbon aktif mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menurunkan konsentrasi TOC, yaitu :

- pada [TOC] awal = 4.935 gr/l, removal sebesar 0,805 atau 80,5%.
- pada [TOC] awal = 3.948 gr/l, removal sebesar 0,815 atau 81,5%.
- pada [TOC] awal = 2.468 gr/l, removal sebesar 0,841 atau 84,5%.

Dengan waktu proses 2 jam.

Untuk menentukan kondisi proses yang menghasilkan efisiensi adsorpsi yang optimum, maka dilakukan analisa regresi linier.

#### 4.1.1. ANALISA REGRESI LINIER

Analisa regresi linier dimaksud untuk memilih ketiga kondisi proses tersebut di atas yang mempunyai kemampuan adsorpsi optimum.

Persamaan regresi linier diformulasikan sebagai:

$$- y = a + b x \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

Dalam konteks ini  $y$  = konsentrasi relatif sampel ( $C_e/C_o$ ) dengan waktu proses mulai pada jam ke 2, karena pada jam tersebut kondisi jenuh hampir tercapai.

$x$  = waktu untuk mencapai jenuh (jam).

$b$  = koefisien regresi.

$a$  = konstanta.

Dari persamaan tersebut, didapatkan juga nilai koefisien korelasi Pearson ( $r$ ). Koefisien tersebut menunjukkan keeratan hubungan antara dua variabel  $x$  dan  $y$ , dalam hal ini  $t$  dan  $C_e/C_o$ .

Nilai  $r$  bervariasi antara  $-1 \leq r \leq +1$ .

Apabila ;

-  $r = 0$  atau mendekati 0, hubungan antara kedua variabel  $C_e/C_o$  dan  $t$  tidak ada hubungan, atau hubungan sangat lemah. Artinya setiap kenaikan atau penurunan nilai  $C_e/C_o$  tidak/sedikit diikuti oleh kenaikan atau penurunan nilai  $t$ , dan sebaliknya.

-  $r = +1$  atau mendekati +1, hubungan antara kedua variabel sangat kuat, positif dan bersifat searah.

Artinya bahwa setiap kenaikan/penurunan nilai  $C_e/C_o$  diikuti oleh kenaikan/penurunan nilai  $t$ .

-  $r = -1$  atau mendekati -1, korelasi kedua variabel sangat kuat negatif dan bersifat berlawanan arah.

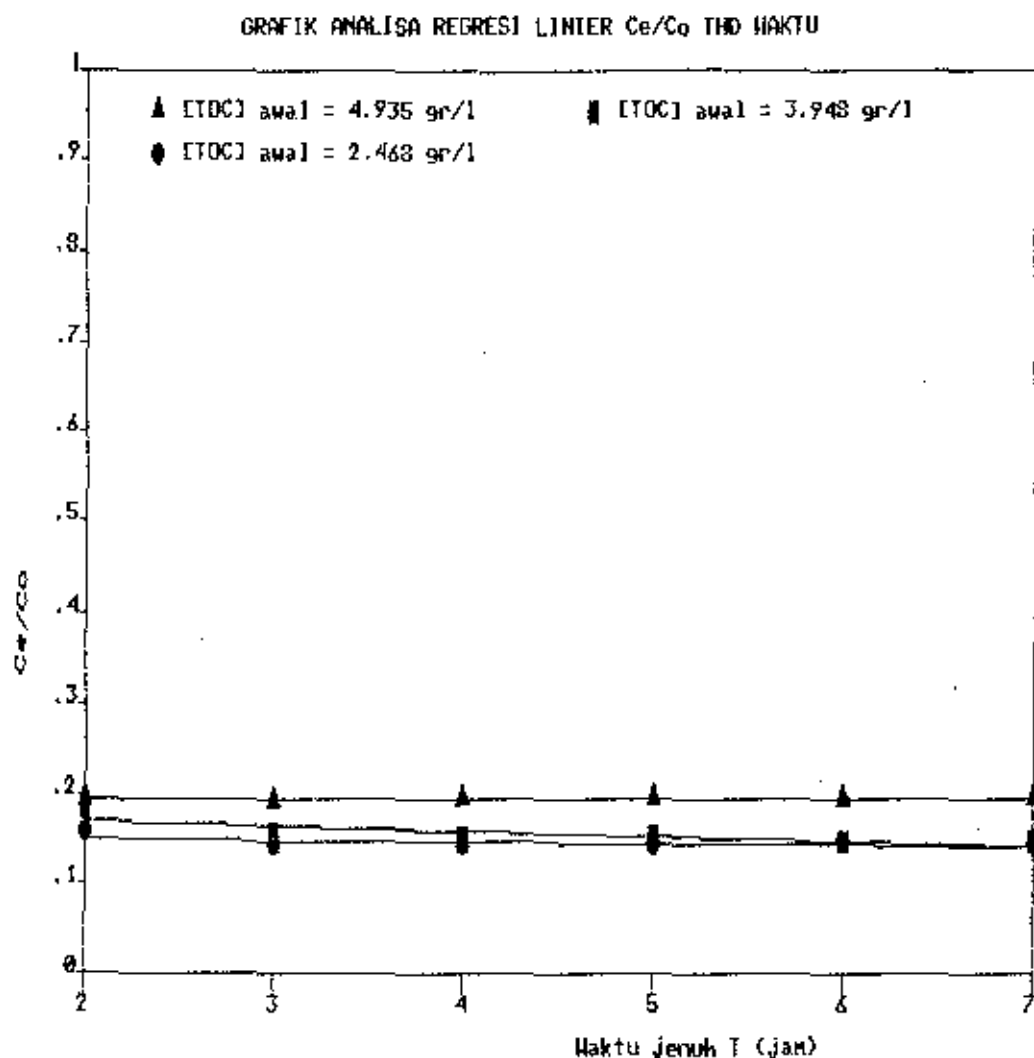
Artinya bahwa setiap kenaikan nilai  $C_e/C_o$  diikuti oleh penurunan nilai  $t$ , dan sebaliknya.

-  $b = 0$  atau mendekati 0, maka kondisi proses stabil atau mendekati stabil.

Gambar 4.12 menunjukkan grafik analisa regresi linier, dengan menggunakan data tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data analisa regresi linier.

waktu kumulatif	$\frac{C_e}{C_o}$	{TOC} awal		
		4.935 gr/l	3.948 gr/l	2.468 gr/l
2 jam		0.195	0.185	0.159
3 jam		0.192	0.156	0.143
4 jam		0.195	0.153	0.143
5 jam		0.195	0.152	0.144
6 jam		0.193	0.148	0.146
7 jam		0.194	0.148	0.144



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.943E-01) + (-5.714E-05)*X$$

THE VARIANCE -  $1.324E-06$

THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(1.840E-01) + (-6.000E-03)*X$$

THE VARIANCE -  $5.967E-05$

THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(1.549E-01) + (-1.857E-03)*X$$

THE VARIANCE -  $2.219E-05$

Tabel 4.3 menunjukkan nilai konstanta regresi linier dan koefisien korelasi dari hasil analisa.

Tabel 4.3. Nilai konstanta regresi linier dan koefisien korelasi.

[TOC] <sub>awal</sub> (gr/l)	pH	a	b	r
4,935	6	0,194	-0,00006	-0,0845
3,948	6	0,184	-0,006	-0,7985
2,468	6	0,154	-0,002	-0,5585

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa proses yang dilakukan dengan pH 6 dan [TOC] awal = 4,935 gr/l. mempunyai nilai b dan r yang mendekati 0, yang berarti proses lebih stabil, karena adanya kenaikan waktu proses hanya sedikit diikuti penurunan nilai  $C_e/C_o$ .

Oleh sebab itu untuk continuous process mengacu pada kondisi ini.

#### 4.1.3. Model Persamaan Adsorpsi Isothermis

Model persamaan adsorpsi diperhitungkan dengan mengikuti persamaan Freundlich, karena proses adsorpsi ini dilakukan terhadap satu komponen (TOC).

Dari data tabel 4.4 dibuat grafik model persamaan Freundlich yang ditampilkan pada gambar 4.13. Dari grafik persamaan tersebut didapatkan bahwa adsorpsi yang berlangsung pada pH = 6  $\pm$  0,05 dengan waktu proses 2 jam dan massa karbon aktif 50 gr/l, menghasilkan :  
nilai  $\log K = -1,208$  , sehingga  $k = 0,0619$  dan,  
nilai  $1/n = 0,7151$ , sehingga  $n = 1,3984$ .  
Sehingga persamaan Adsorpsi Isothermis Freundlich untuk proses ini menjadi :

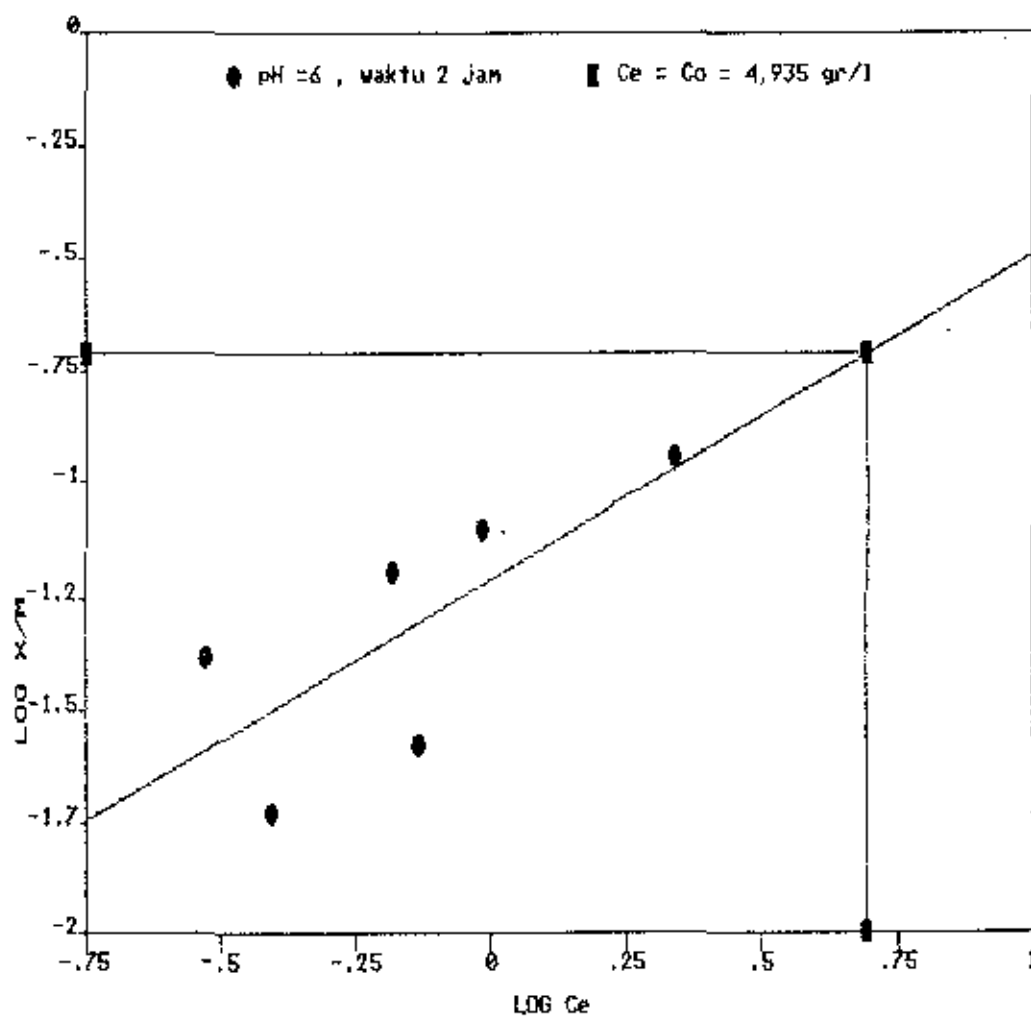
$$\frac{x}{m} = 0,0619 C_e^{1/1,3984}$$

Pada kondisi dimana  $C_e = C_o = 4,935$  gr/l, jumlah [TOC] yang terserap adalah 0.1939 gr TOC / gr adsorbent.

Tabel 4.4 : Data hasil perhitungan untuk penentuan Konstanta Experimen Adsorpsi Isothermis Freundlich, dengan massa karbon aktif (m) = 50 gr/l, pH solute = 6  $\pm$  0.05 dan lama percobaan 2 jam.

Co (gr/l)	Ce (gr/l)	$\Delta C = (x)$ (gr/l)	x/m gr/gr	log Ce	log x/m
7.896	2.176	5.7200	0.11440	0.33766	-0.94157
4.935	0.960	3.9750	0.07950	-0.01773	-1.09963
3.948	0.732	3.2160	0.06432	-0.18575	-1.19165
2.468	0.392	2.0760	0.04152	-0.52871	-1.38174
1.974	0.652	1.3220	0.02644	-0.13549	-1.57774
1.234	0.296	0.938	0.01876	-0.40871	-1.72677

GAMBAR 4.13 GRAFIK MODEL PERSAMAAN FREUNDLICH



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$(-1.208E+00) + (7.151E-01)X$   
 THE VARIANCE -  $3.428E-02$



#### 4.2. PERCOBAAN CONTINUOUS PROCESS

Dari percobaan batch process didapatkan bahwa waktu pengisian atau waktu kontak yang diperlukan dalam continuous process ini = 2 jam.

Pengoperasian dilakukan sampai mendekati kondisi  $(C_e/C_o) = 1$  atau reaktor telah mencapai jenuh.

Debit aliran didapatkan dari perhitungan sebagai berikut :

$$\text{- Volume kolom} = 0,25 * \pi * d^2 * \text{tinggi kolom}$$

$$= 0,25 * \pi * (5,2)^2 * 50 \text{ cm}^3$$

$$= 1061,658 \text{ cm}^3$$

$$= 1061,658 \text{ ml.}$$

$$\text{- Massa karbon} = \text{Volume} * \rho$$

$$= 1061,658 \text{ cm}^3 * 0,43 \text{ gr/ml}$$

$$= 456,6 \text{ gr.}$$

$$\text{- Debit (Q)} = \text{kecepatan linier (v)} * A \text{ (luas permukaan kolom bagian dalam)}$$

$$v = \text{tinggi kolom} / \text{waktu pengisian}$$

$$= 50 \text{ cm} / (2 * 60 \text{ menit})$$

$$= 0,417 \text{ cm} / \text{menit.}$$

$$Q = 0,417 \text{ cm} / \text{menit} * 21,237 \text{ m}^2$$

$$= 8,856 \text{ cm}^3 / \text{menit, atau } 9 \text{ ml} / \text{menit.}$$

Kondisi operasi sebagai berikut :

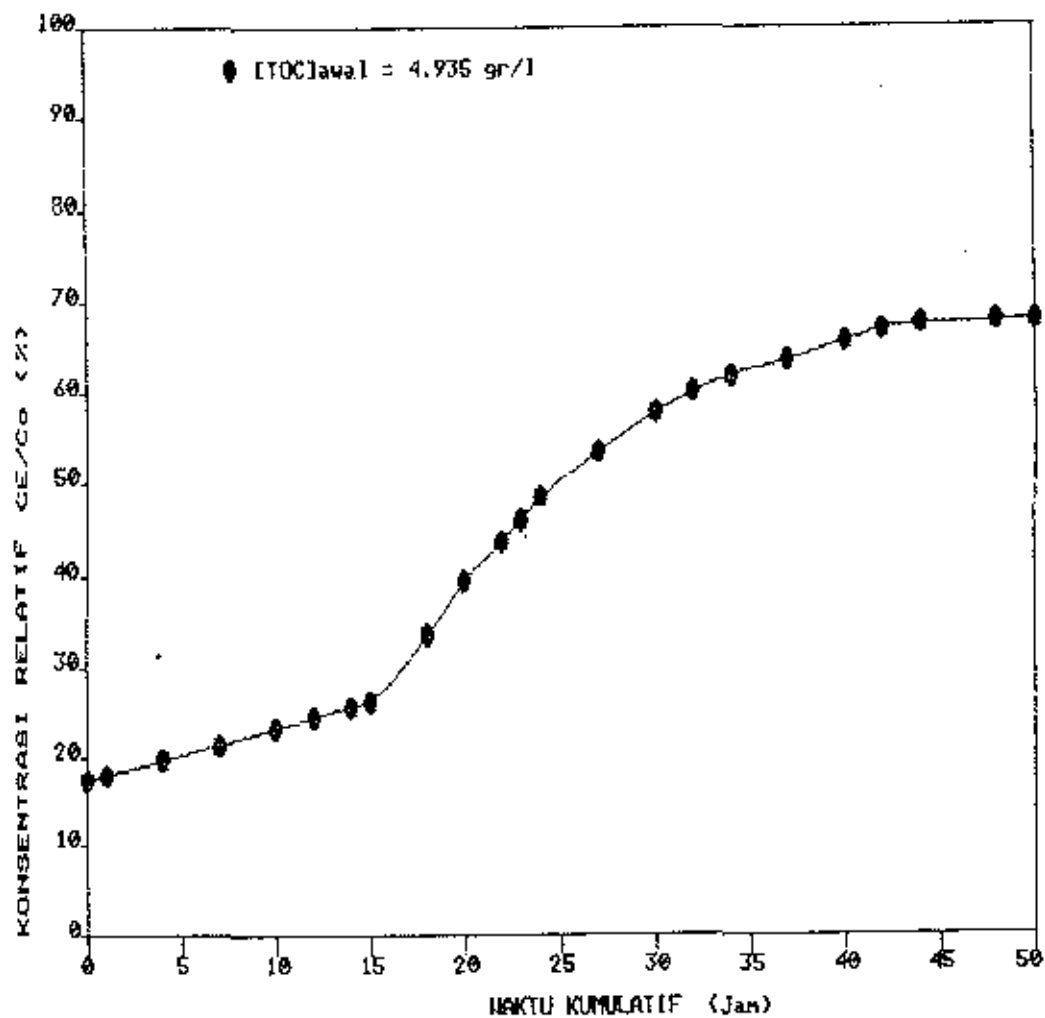
pH liquid	= $6 \pm 0.05$ .
Debit aliran (dari perhitungan)	= 9 cc/menit.
[TOC] awal	= 4,935 gr/l
Tinggi karbon	= 50 cm.
Diameter kolom	= 5,2 cm.

Berdasarkan tabel 4.5 dibuat grafik antara  $C_e/C_o$  sebagai sumbu-Y dan waktu operasi  $t$  sebagai sumbu-X. Grafik yang menunjukkan hubungan antara  $C_e/C_o$  dan waktu  $t$  dalam continuous process, disebut juga sebagai breakthrough curve disajikan pada gambar 4.14

Tabel 4.5 : Data hasil percobaan continuous proses dengan Fixed-bed Adsorption Column. Lama waktu pengisian = 2 jam,  $[TOC]_{awal} = 4.935 \text{ gr/l}$ .

No Percb	Waktu Kumulatif (jam)	$[TOC] = C_e$ (gr/l)	$[TOC]_{relatif} = C_e/C_o$ ( % )
1	0	0.862	17.467
2	1	0.892	18.075
3	4	0.968	19.615
4	7	1.060	21.479
5	10	1.148	23.262
6	12	1.208	24.478
7	14	1.268	25.694
8	15	1.296	26.261
9	18	1.648	33.394
10	21	1.952	39.554
11	23	2.164	43.850
12	24	2.280	46.200
13	25	2.376	48.146
14	27	2.628	53.252
15	30	2.840	57.548
16	32	2.924	59.225
17	34	3.040	61.601
18	37	3.116	63.141
19	40	3.240	65.329
20	42	3.296	66.788
21	44	3.326	67.274
22	48	3.332	67.518
23	50	3.340	67.680

GAMBAR 4.14 GRAFIK  $C_e/C_o$  vs WAKTU KUMULATIF



Breakthrough curve yang dihasilkan dari percobaan continuous process terlihat bahwa pada saat  $t = 0$  nilai  $C_e/C_o$  tidak sama dengan nol. Dalam kondisi ideal pada saat  $t = 0$  nilai  $C_e/C_o$  dapat sama dengan nol, namun dalam kenyataan hal ini sulit untuk dicapai karena :

1. Adanya aliran liquid yang merembes melewati dinding kolom, sehingga sebelum terjadi kontak secara optimal antara adsorbent dan adsorbate, rembesan tersebut telah terikut dalam effluent.
2. Adanya udara yang tinggal dalam pori dan mengisi pori antara granular adsorbent dan dalam micropore, menjadikan liquid tidak dapat mengisi ruang pori secara menyeluruh dan menyebabkan ruang kontak antara adsorbate dan adsorbent berkurang sehingga proses adsorpsi tidak berlangsung optimal.
3. Seperti telah dikemukakan dalam sub bab 4.1 bahwa dalam percobaan ini dimungkinkan adanya komposisi karbon organik yang tidak dapat diserap dengan kondisi proses seperti dalam percobaan ini. Sehingga dengan pemberian waktu kontak yang cukup lamapun komposisi organik tersebut tidak dapat dihilangkan dari liquid.
4. Adanya sebagian kecil partikel karbon aktif yang terikut dalam effluent, dimana partikel tersebut telah mengikat senyawa organik.

Dalam analisa TOC, keberadaan partikel karbon aktif dalam effluent telah dieliminasi dengan melakukan penyaringan menggunakan glass fiber filter yang mempunyai ukuran pori sebesar  $0,45 \mu\text{m}$ , namun demikian partikel karbon yang mempunyai ukuran lebih kecil dari  $0,45 \mu\text{m}$  akan lolos juga dan ikut terukur dalam analisa TOC.

Dari percobaan continuous process didapatkan :

1. Breakpoint dicapai pada saat ;

- waktu breakthrough = 15 jam.
- $C_e/C_o$  = 0,26261 atau 26,261 %
- [TOC] dalam effluent = 1,296 gr/l
- Volume breakthrough =  $15 * 60 \text{ menit} * 9 \text{ ml/menit}$   
= 8,1 liter.

2. Exhaustion point dicapai pada saat ;

- waktu exhaustion = 37 jam
- $C_e/C_o$  = 0,83141 atau 83,141 %
- [TOC] dalam effluent = 3,116 gr/l
- Volume exhaustion =  $37 * 60 \text{ menit} * 9 \text{ ml/menit}$   
= 19,98 liter.

3. Kapasitas adsorpsi dihitung sebagai berikut ;

$$X = \frac{C_o * V_s}{V_m}$$

Dimana ;

X = Kapasitas adsorpsi, dalam gr TOC/gr karbon aktif.

$V_s$  = Volume liquid saat tercapai exhaustion point,  
dalam percobaan ini  $V_s = 19,98 \text{ liter}$ .

$V_m$  = volume adsorbent atau massa karbon dalam kolom

= 456,6 gr.

$C_0$  = konsentrasi TOC dalam influent

= 4,935 gr/l.

Maka :

$$X = \frac{4,935 \text{ gr/l} \times 19,98 \text{ l}}{456,6 \text{ gr}}$$
$$= 0,2159 \text{ gr TOC / gr adsorbent.}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa kapasitas adsorpsi dalam continuous process sebesar 0,2159 gr TOC / gr karbon. Kapasitas tersebut sedikit lebih besar dibanding kapasitas adsorpsi pada batch proses (0,1939 gr TOC / gr karbon aktif).

Hal ini dapat terjadi karena adanya efek microscreening pada continuous process, yang dalam batch process tidak dapat terjadi karena adanya pengaruh pengadukan.

Dalam percobaan continuous proses ini kejenuhan yang tercapai tidak dapat mencapai nilai  $C_e = C_0$ .

Hal ini dimungkinkan karena, dengan adanya udara yang terdapat dalam pori antara granular adsorbent dan dalam micropore adsorbent akan menyebabkan terjadinya oksidasi materi organik dengan oksigen yang ada dalam udara tersebut, sehingga proses removal materi organik tidak

hanya dengan adsorpsi tetapi juga dengan oksidasi, dengan demikian pada saat kejenuhan tercapai konsentrasi TOC dalam effluent tidak sama dengan konsentrasi TOC dalam influent.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

##### 5.1.1 Percobaan batch process

Proses adsorpsi terhadap parameter TOC dalam air limbah industri alkohol dapat berlangsung optimal pada pH liquid =  $6 \pm 0,05$ .

Dalam studi ini diperoleh bahwa pada konsentrasi TOC = 4,935 gr/l dan pH = 6 menghasilkan removal TOC sebesar 80,5 % , dengan [TOC] pada effluent sebesar 0,9574 gr/l dan stabilitas proses optimal.

Untuk mendapatkan konsentrasi ketimbangan sebesar 0,9574 gr TOC/l diperlukan 50 gram karbon aktif untuk tiap liter sampel dengan waktu kontak selama 2 jam.

Persamaan Adsorpsi Isothermis Freundlich, pada kondisi proses yang optimal tersebut :

$$\frac{x}{m} = 0,0619 C_e^{1/1,9984}$$

##### 5.1.2 Percobaan Continuous Process

Dengan kondisi optimal pada batch process seperti berikut :

- [TOC] awal = 4.935 gr/l
- pH liquid =  $6 \pm 0,05$
- waktu kontak = 2 jam, yang diaplikasikan ke

continuous process dengan debit pengaliran sebesar 9 ml/menit menghasilkan :

- breakpoint, dengan ;  $C_e/C_o$  = 26,261 %  
[TOC] effluent = 1,296 gr/l  
Volume breakthrough = 8,1 liter.
- exhaustion point, dengan ;  
 $C_e/C_o$  = 63,141 %  
[TOC] effluent = 3,116 gr/l  
Volume exhaustion = 19,98 liter.
- Kapasitas adsorpsi sebesar 0,2159 gr TOC / gr adsorbent.

## 5.2 SARAN

1. Dalam percobaan batch process, perlu diperhatikan pengaruh agitasi dari pengadukan.  
Untuk itu perlu dicoba untuk menentukan berapa rpm pengadukan yang dapat menghasilkan proses adsorpsi yang optimal.
2. Dalam aplikasi batch process ke continuous process perlu dicoba juga untuk menetapkan lamanya waktu kontak pada continuous process agar pada saat t throughput = 0,  $C_e/C_o$  dapat mencapai 0.
3. Karena parameter TOC tidak digunakan dalam standard kualitas air buangan di Indonesia.

Diharapkan adanya kelanjutan dari studi ini untuk mendapatkan nilai perbandingan empiris antara parameter TOC, BOD, dan COD.

Dengan kata lain, penelitian dengan menggunakan parameter TOC, diperlukan parameter pembanding lain untuk menentukan besarnya materi organik, agar supaya studi tersebut dapat diterapkan di Indonesia.

Tabel A.1 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 7.896 gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_0}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat (gr)		
0	-	-	-	7.896	1.000
0.5	27.1446	27.0050	0.1396	5.584	0.707
1	22.5079	22.4048	0.1012	4.048	0.513
2	29.2323	29.1429	0.0894	3.576	0.453
3	24.4583	24.3706	0.0877	3.508	0.444
4	29.8898	29.8023	0.0875	3.500	0.443
5	25.0995	25.0131	0.0864	3.456	0.438
6	27.6177	27.5326	0.0851	3.404	0.431
7	26.1885	26.1035	0.0850	3.400	0.431

Tabel A.2 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 7.896 gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_0}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	7.896	1.000
0.5	23.5660	23.4962	0.0698	2.792	0.354
1	29.2755	29.2186	0.0569	2.276	0.289
2	26.5506	26.4962	0.0544	2.176	0.276
3	27.1860	27.1318	0.0542	2.168	0.271
4	25.9551	25.9019	0.0532	2.126	0.269
5	26.1158	26.0640	0.0518	2.072	0.262
6	25.4523	25.4021	0.0502	2.008	0.254
7	24.8945	24.8443	0.0502	2.008	0.254

Tabel A.3 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 7,896 gr/l, dan pH =  $4 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	7.896	1.000
0.5	25.8000	25.6620	0.1380	5.520	0.699
1	25.9637	25.8599	0.1038	4.152	0.526
2	26.6200	26.5242	0.0958	3.832	0.485
3	29.4452	29.3770	0.0682	2.728	0.346
4	33.6400	33.5724	0.0676	2.704	0.342
5	27.6852	27.6178	0.0674	2.696	0.341
6	27.4408	27.3731	0.0677	2.708	0.343
7	23.3129	23.2450	0.0679	2.716	0.344

Tabel A.4 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 7.896 gr/l, dan pH =  $3 \pm 0.05$ , volume sampel 800 gr/l.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	7.896	1.000
0.5	25.9046	25.7799	0.1247	4.968	0.632
1	27.5706	27.4932	0.0774	3.096	0.392
2	25.6440	25.5749	0.0691	2.764	0.350
3	27.8989	27.8301	0.0688	2.752	0.348
4	22.6134	22.5447	0.0687	2.748	0.348
5	29.3000	29.2313	0.0687	2.748	0.348
6	24.5289	24.4603	0.0686	2.744	0.347
7	27.3014	27.2327	0.0687	2.748	0.348

Tabel A.5 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr , [TOC] awal 7.896 gr/l, dan pH =  $2 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	7.896	1.000
0.5	26.3630	26.2793	0.0837	3.348	0.424
1	26.1868	26.1139	0.0729	2.916	0.369
2	27.3490	27.2802	0.0688	2.752	0.348
3	29.2715	29.2087	0.0628	2.512	0.318
4	23.5371	23.4755	0.0616	2.464	0.312
5	29.3290	29.2678	0.0612	2.448	0.310
6	30.3387	30.2782	0.0605	2.420	0.306
7	27.1738	27.1134	0.0604	2.416	0.306

Tabel A.6 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 4.935 gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	4.935	1.000
0.5	25.1062	25.0475	0.0587	2.348	0.476
1	27.1861	27.1337	0.0524	2.096	0.425
2	25.9274	25.8766	0.0508	2.032	0.412
3	25.8874	25.8365	0.0508	2.032	0.412
4	24.9322	24.8814	0.0508	2.032	0.412
5	29.3020	29.2515	0.0505	2.020	0.406
6	25.5886	25.5386	0.0500	2.000	0.405
7	26.6813	26.6313	2.0500	2.000	0.406

Tabel A.7 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 4.935 gr/l, dan pH =  $6 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	4.935	1.000
0.5	24.6248	24.6619	0.0371	1.484	0.301
1	24.6971	24.7242	0.0271	1.084	0.220
2	24.5688	24.5928	0.0240	0.960	0.195
3	29.1246	29.1009	0.0237	0.948	0.192
4	30.1949	30.1709	0.0240	0.960	0.195
5	25.7002	25.6964	0.0241	0.964	0.195
6	25.7362	25.7124	0.0238	0.952	0.193
7	26.9260	26.9021	0.0239	0.956	0.194

Tabel A.8 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 4.935 gr/l, dan pH =  $4 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	4.935	1.000
0.5	24.7217	24.6037	0.1180	4.720	0.956
1	27.2699	27.1781	0.0918	3.672	0.744
2	25.7472	25.6868	0.0604	2.416	0.430
3	27.5621	27.5211	0.0410	1.640	0.332
4	29.2080	29.1668	0.0412	1.648	0.334
5	27.4777	27.4367	0.0410	1.640	0.332
6	26.1536	26.1126	0.0410	1.640	0.332
7	30.0163	29.9754	0.0409	1.636	0.331

Tabel A.9 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 4.935 gr/l, dan pH =  $3 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_0}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	4.935	1.000
0.5	27.5825	27.5115	0.0710	2.840	0.575
1	24.9554	24.9073	0.0481	1.924	0.390
2	29.4787	29.4350	0.0431	1.724	0.349
3	29.9644	29.9227	0.0417	1.668	0.338
4	25.9722	25.9308	0.0414	1.656	0.336
5	31.6810	31.6395	0.0415	1.660	0.336
6	27.7266	27.6851	0.0415	1.660	0.336
7	25.4238	25.3822	0.0416	1.664	0.337

Tabel A.10 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 4.935 gr/l, dan pH =  $2 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_0}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	4.935	1.000
0.5	34.7093	34.6422	0.0671	2.684	0.544
1	26.5541	26.4981	0.0560	2.240	0.454
2	25.0988	25.0543	0.0445	1.780	0.361
3	24.9800	24.9357	0.0443	1.772	0.359
4	27.8736	27.8295	0.0441	1.764	0.357
5	25.4663	25.4222	0.0441	1.764	0.357
6	27.2145	27.1705	0.0440	1.760	0.357
7	25.4358	25.3918	0.0440	1.760	0.357



Tabel A.11 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 3.948  
gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$  , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0			-	3.948	1.000
0.5	27.1943	27.1280	0.0683	2.732	0.692
1	26.9335	26.8818	0.0517	2.568	0.524
2	30.2304	30.1895	0.0409	1.636	0.414
3	29.7086	29.6679	0.0407	1.628	0.412
4	25.6906	25.6498	0.0408	1.632	0.413
5	22.4657	22.4252	0.0405	1.620	0.410
6	31.8169	31.7762	0.0407	1.628	0.412
7	29.2148	29.1742	0.0406	1.624	0.411

Tabel A.12 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 3.948  
gr/l, dan pH =  $6 \pm 0.05$  , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	3.948	1.000
0.5	26.0626	26.9986	0.0640	2.560	0.648
1	24.7087	24.6779	0.0308	1.232	0.312
2	26.9547	26.9364	0.0183	0.732	0.185
3	26.8631	26.8477	0.0154	0.616	0.156
4	26.5200	26.5049	0.0151	0.604	0.153
5	27.4684	27.4534	0.0150	0.600	0.152
6	27.5110	26.4964	0.0146	0.584	0.148
7	25.0307	25.0161	0.0146	0.584	0.148

Tabel A.13 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 3.948 gr/l, dan pH =  $4 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	3.948	1.000
0.5	26.7320	26.6457	0.0863	3.452	0.874
1	26.1411	26.0691	0.0720	2.880	0.730
2	27.1718	27.1199	0.0519	2.076	0.526
3	27.8412	27.7986	0.0426	1.704	0.432
4	23.5550	23.5224	0.0326	1.304	0.330
5	26.5449	26.5123	0.0326	1.304	0.330
6	24.6308	24.5984	0.0324	1.296	0.328
7	27.1348	27.1020	0.0328	1.312	0.332

Tabel A.14 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 3.948 gr/l, dan pH =  $3 \pm 0.05$  volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	3.948	1.000
0.5	26.7281	26.6926	0.0355	1.420	0.360
1	25.8370	25.8092	0.0278	1.112	0.282
2	27.1152	27.0909	0.0243	0.972	0.246
3	30.2340	30.2121	0.0219	0.876	0.222
4	29.1599	29.1384	0.0215	0.860	0.218
5	26.9597	26.9383	0.0214	0.856	0.217
6	24.5940	24.5727	0.0213	0.852	0.216
7	26.6300	26.6087	0.0213	0.852	0.216

Tabel A.15 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr , [TOC] awal 3.948 gr/l, dan pH =  $2 \pm 0.05$  , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	3.948	1.000
0.5	27.1660	27.0788	0.0872	1.488	0.377
1	24.5321	24.5030	0.0291	1.164	0.295
2	26.9694	26.9423	0.0271	1.084	0.275
3	24.3825	24.3564	0.0261	1.044	0.264
4	28.6655	28.6398	0.0257	1.028	0.260
5	30.2440	30.2187	0.0253	1.012	0.256
6	25.2140	25.1891	0.0249	0.996	0.252
7	24.7397	24.7148	0.0248	0.992	0.251

Tabel A.16 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 2.468 gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$  , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	2.468	1.000
0.5	27.5131	25.4896	0.0617	0.940	0.381
1	26.3533	26.3301	0.0235	0.928	0.376
2	29.2015	29.1786	0.0232	0.916	0.371
3	27.8012	27.7790	0.0229	0.888	0.360
4	23.4685	23.4471	0.0222	0.856	0.347
5	26.4780	26.4570	0.0214	0.840	0.340
6	34.6310	34.6105	0.0205	0.820	0.332
7	30.5894	30.5689	0.0205	0.820	0.332

Tabel A.17 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 2.468 gr/l, dan pH = 6  $\pm$  0.05 , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	2.468	1.000
0.5	31.4083	31.3695	0.0388	1.552	0.629
1	27.2009	27.1768	0.0241	0.964	0.391
2	26.0600	26.1768	0.0098	0.392	0.159
3	25.8825	25.8737	0.0088	0.352	0.143
4	26.6759	26.6671	0.0088	0.352	0.143
5	28.0974	28.0835	0.0089	0.356	0.144
6	26.6404	26.6314	0.0090	0.360	0.146
7	26.8598	26.8509	0.0089	0.356	0.144

Tabel A.18 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 2.468 gr/l, dan pH = 4  $\pm$  0.05 , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	2.468	1.000
0.5	27.5637	27.5116	0.0521	2.056	0.833
1	27.1286	27.0886	0.0400	1.600	0.648
2	26.8838	26.8526	0.0312	1.248	0.506
3	26.5001	26.4760	0.0241	0.964	0.391
4	31.5307	31.5068	0.0239	0.956	0.387
5	29.9243	29.9006	0.0237	0.948	0.384
6	24.4716	24.4477	0.0239	0.956	0.387
7	30.9328	30.9090	0.0238	0.952	0.384

Tabel A.19 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 2.468  
gr/l, dan pH = 3  $\pm$  0.05 , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	2.468	1.000
0.5	25.1064	25.1448	0.0384	1.536	0.415
1	31.6869	31.6582	0.0287	1.148	0.280
2	24.5036	24.4792	0.0244	0.976	0.271
3	27.2643	27.2410	0.0233	0.932	0.668
4	27.0101	26.9882	0.0219	0.876	0.253
5	30.0527	30.0314	0.0213	0.852	0.251
6	34.7783	34.7576	0.0210	0.840	0.251
7	27.6357	27.6150	0.0210	0.840	0.250

Tabel A.20 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr , [TOC] awal 2.486  
gr/l, dan pH = 2  $\pm$  0.05 , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	2.486	1.000
0.5	29.1446	29.1190	0.0256	1.024	0.415
1	24.5792	24.5619	0.0173	0.692	0.280
2	26.6595	26.6428	0.0167	0.668	0.271
3	26.6994	26.6832	0.0162	1.648	0.668
4	28.4512	28.4356	0.0156	0.624	0.253
5	25.5285	25.5130	0.0155	0.620	0.251
6	25.5285	25.5130	0.0155	0.620	0.251
7	28.3431	28.3277	0.0154	0.616	0.250

Tabel A.21 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.974 gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.974	1.000
0.5	26.0909	26.0492	0.0417	1.668	0.844
1	24.3550	24.3198	0.0352	1.408	0.713
2	31.4019	31.3812	0.0207	0.828	0.419
3	26.6613	26.6618	0.0195	0.780	0.395
4	27.0845	27.0662	0.0183	0.732	0.371
5	25.7298	25.7122	0.0176	0.704	0.357
6	25.6098	25.5928	0.0170	0.680	0.334
7	26.1778	26.1613	0.0165	0.660	0.334

Tabel A.22 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.974 gr/l, dan pH =  $6 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.974	1.000
0.5	25.9128	25.8693	0.0435	1.740	0.881
1	22.1482	22.1294	0.0188	0.752	0.381
2	25.5952	25.5855	0.0097	0.392	0.196
3	29.2104	29.2009	0.0095	0.388	0.192
4	24.4747	24.4655	0.0092	0.368	0.186
5	31.5127	31.5034	0.0093	0.372	0.188
6	30.5983	30.5892	0.0091	0.364	0.184
7	28.1920	28.1829	0.0091	0.364	0.184

Tabel A.23 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.974 gr/l, dan pH =  $4 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.974	1.000
0.5	24.4691	24.4272	0.0419	1.676	0.849
1	26.8998	26.8685	0.0313	1.252	0.634
2	25.1492	25.1251	0.0241	0.964	0.488
3	26.4374	26.4211	0.0163	0.652	0.330
4	27.4153	27.3990	0.0163	0.652	0.330
5	29.2442	29.2282	0.0160	0.640	0.324
6	25.3400	25.3238	0.0162	0.648	0.328
7	27.9903	27.9741	0.0162	0.648	0.328

Tabel A.24 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.974 gr/l, dan pH =  $3 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.974	1.000
0.5	26.1093	26.0792	0.0301	1.204	0.610
1	23.4780	23.4574	0.0206	0.824	0.417
2	26.7795	26.7610	0.0185	0.740	0.375
3	26.7043	26.6863	0.0180	0.720	0.365
4	29.2387	29.2199	0.0179	0.716	0.363
5	25.7593	25.7416	0.0177	0.708	0.359
6	26.5932	26.5759	0.0173	0.692	0.351
7	29.7448	29.7265	0.0173	0.692	0.351

Tabel A.25 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.974  
gr/l, dan pH =  $2 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.974	1.000
0.5	26.0669	26.0458	0.0211	0.844	0.428
1	27.5226	27.5075	0.0151	0.604	0.306
2	25.8316	25.8168	0.0148	0.592	0.300
3	25.6380	25.6234	0.0146	0.584	0.296
4	22.1893	22.1749	0.0144	0.576	0.292
5	26.3739	26.3596	0.0143	0.572	0.290
6	31.5067	31.4924	0.0143	0.572	0.290
7	22.2854	22.2713	0.0141	0.564	0.286

Tabel A.26 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234  
gr/l, dan pH =  $8 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	26.7268	26.7135	0.0133	0.532	0.431
1	26.4896	26.4765	0.0131	0.524	0.425
2	27.4394	27.4265	0.0129	0.516	0.418
3	26.5493	26.5365	0.0128	0.512	0.415
4	31.5109	31.4984	0.0125	0.500	0.405
5	22.1483	22.1358	0.0125	0.500	0.405
6	25.5941	25.5823	0.0123	0.472	0.382
7	24.2935	24.2816	0.0124	0.476	0.386



Tabel A.29 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234  
gr/l, dan pH =  $3 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	26.4651	26.4391	0.0260	1.040	0.843
1	24.8334	24.8143	0.0191	0.764	0.620
2	25.9440	25.9335	0.0105	0.420	0.340
3	26.6307	26.6201	0.0106	0.424	0.344
4	28.2400	28.2295	0.0105	0.420	0.340
5	26.1261	26.1158	0.0104	0.416	0.337
6	22.2774	22.2671	0.0103	0.412	0.334
7	31.9221	31.9118	0.0103	0.412	0.334

Tabel A.30 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234  
gr/l, dan pH =  $2 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	26.0669	26.0506	0.0163	0.652	0.528
1	27.5226	27.5100	0.0126	0.504	0.408
2	26.6596	26.6428	0.0168	0.464	0.376
3	25.6390	25.6264	0.0126	0.464	0.376
4	22.1893	22.1779	0.0114	0.456	0.370
5	26.3739	26.3626	0.0113	0.452	0.366
6	31.5067	31.4954	0.0113	0.452	0.366
7	22.2854	22.2743	0.0111	0.444	0.360

Tabel A.27 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234 gr/l, dan pH =  $6 \pm 0.05$  , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	24.4613	24.4480	0.0133	0.532	0.431
1	24.3097	24.3007	0.0090	0.360	0.292
2	25.6983	25.6909	0.0074	0.296	0.240
3	27.0934	27.0859	0.0075	0.300	0.243
4	27.0577	27.0501	0.0076	0.304	0.246
5	31.7634	31.7559	0.0075	0.300	0.243
6	22.4334	22.4260	0.0074	0.296	0.240
7	29.6580	29.6506	0.0074	0.296	0.240

Tabel A.28 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234 gr/l, dan pH =  $4 \pm 0.05$  , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	22.6909	22.6678	0.0231	0.924	0.749
1	24.8156	24.7982	0.0176	0.704	0.551
2	25.2267	25.2115	0.0152	0.608	0.509
3	26.4915	26.4792	0.0123	0.492	0.415
4	29.3350	29.3228	0.0122	0.488	0.408
5	26.5607	26.5488	0.0119	0.476	0.405
6	28.1761	28.1644	0.0117	0.468	0.399
7	27.5747	27.5631	0.0116	0.464	0.396

Tabel A.29 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234  
gr/l, dan pH =  $3 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	26.4651	26.4391	0.0260	1.040	0.843
1	24.8334	24.8143	0.0191	0.764	0.620
2	25.9440	25.9335	0.0105	0.420	0.340
3	26.6307	26.6201	0.0106	0.424	0.344
4	28.2400	28.2295	0.0105	0.420	0.340
5	26.1261	26.1158	0.0104	0.416	0.337
6	22.2774	22.2671	0.0103	0.412	0.334
7	31.9221	31.9118	0.0103	0.412	0.334

Tabel A.30 : Data hasil analisa TOC pada percobaan Batch  
Proses dengan massa karbon aktif 40 gr, [TOC] awal 1.234  
gr/l, dan pH =  $2 \pm 0.05$ , volume sampel 800 ml.

Waktu kumulatif (jam)	Berat cawan + sampel (gr)			[TOC] (gr/l)	$\frac{C_e}{C_o}$
	setelah pemanasan 105°C	setelah pemanasan 550°C	selisih berat		
0	-	-	-	1.234	1.000
0.5	26.0669	26.0506	0.0163	0.652	0.528
1	27.5226	27.5100	0.0126	0.504	0.408
2	26.6595	26.6428	0.0166	0.464	0.376
3	25.6380	25.6264	0.0116	0.464	0.376
4	22.1893	22.1779	0.0114	0.456	0.370
5	26.3739	26.3626	0.0113	0.452	0.366
6	31.5067	31.4954	0.0113	0.452	0.366
7	22.2854	22.2743	0.0111	0.444	0.360

## DAFTAR PUSTAKA

1. American Public Health Association; American Water Works Association and Water Pollutan Control Ferderation, (1979). "Standard Methods for The Eximination of Water and Waste Water", 13<sup>th</sup> edition,
2. Alaerts G. Dr. Ir; Santika Sri Sumestri Ir. MSc, "Metoda Penelitian Air, Usaha Nasional Surabaya - Indonesia, 1980.
3. Benefield Larry D ; Judkins Jr, J F ; Weand, B L. (1982), "Process Chemistry for Water and Waste Water Treatment", Prentice Hall Inc.
4. Boedisantoso Rachmat. (1991). "Effisiensi Karbon Aktif Aktif Ditinjau Dari Penurunan Total Organic Carbon. ITS.
5. Cheremisinoff Daul N ; Ellerbush, F . (1980), "Carbon Activated Handbook", Ann Arbour Science.
6. Dajan Anto, "Pengantar Metode Statistik", jilid I, LP3ES, 1984, Jakarta.
7. Hassani; Mohamed Allali; Michel Mazet et, Odile Dusart, "Removal of Non Ionic Surfactant from Water Onto Activated Carbon Influence of Organic Compounds", France 1989.
8. Mantell, C L, Ph.D. (1961). "Adsorption" .Mc.Graw - Hill Book Co. Inc.
9. Metcalf & Eddy Inc. (1979). "Wastewater Engineering : Disposal Reuse". Mc Graw-Hill Book Company.
10. Montgomery, James M. (1985) . "Water Treatment Principles And Design". John Wiley & Sons Inc.

11. Reynolds Tom D, "Unit Operation and Processes in Environmental Engineering, Broke/Cole Engineering Divisions Monterey, California 1982.
12. Schroeder, Edward D. (1977). "Water and Waste Water Treatment". Mc.Graw-Hill Book Co. Inc.
13. Smisek Milan, R N , Dr; Cerny Slavoy, RN , Dr, MSc, "Activated Carbon Manufacture, Properties and Applications, Elsevier Publishing Company, New York 1970.
14. Wilmanski Krezystof & Bremen Van Antony N, "Competitive Adsorption of Trichloroethylene and Humic Substance from Groundwater and Activated Carbon, 1990.